



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Toshifumi KIMBA et al.

Docket No. 2000_1706A

Serial No. 09/734,737

Group Art Unit 2877

Filed December 13, 2000

Examiner S. Coles

SUBSTRATE FILM THICKNESS MEASUREMENT
METHOD, SUBSTRATE FILM THICKNESS
MEASUREMENT APPARATUS AND SUBSTRATE
PROCESSING APPARATUS

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Assistant Commissioner for Patents,
Washington, DC 20231

Sir:

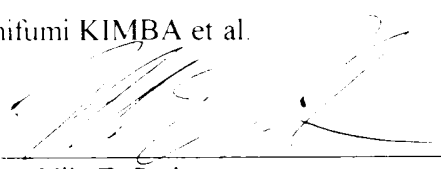
Applicants in the above-entitled application hereby claim the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 353693/1999, filed December 13, 1999, and Japanese Patent Application No. 315212/2000, filed October 16, 2000, as acknowledged in the Declaration of this application.

Certified copies of said Japanese Patent Applications are submitted herewith.

Respectfully submitted,

Toshifumi KIMBA et al.

By


Nils E. Pedersen
Registration No. 33,145
Attorney for Applicants

NEP/rbl
Washington, D.C. 20006-1021
Telephone (202) 721-8200
Facsimile (202) 721-8250
March 29, 2001

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE
FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT
ACCOUNT NO. 23-0975



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月16日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-315212

出 願 人

Applicant (s):

株式会社荏原製作所

2000年12月22日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2000-3106811

【書類名】 特許願

【整理番号】 P2000-0349

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 中井 俊輔

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 金馬 利文

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100087066

【弁理士】

【氏名又は名称】 熊谷 隆

【電話番号】 03-3464-2071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094226

【弁理士】

【氏名又は名称】 高木 裕

【電話番号】 03-3464-2071

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第353693号

【出願日】 平成11年12月13日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041634

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005856

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 基板膜厚測定方法、基板膜厚測定装置及び基板処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板の被測定面に柱状の透光液流を当接し、該透光液流を通して該被測定面に光を照射し、該被測定面で反射された反射光を該透光液流を通して受光し、該受光した反射光強度から前記被測定面の膜厚を測定することを特徴とする基板膜厚測定方法。

【請求項 2】 基板の被測定面に柱状の透光液流を当接させる透光液流供給手段と、該透光液流を通して前記基板の被測定面に光を照射すると共に、該透光液流を通して前記基板の被測定面で反射された反射光を受光する光学系と、該光学系で受光した反射光強度から該被測定面の膜厚を測定する膜厚測定手段を具備することを特徴とする基板膜厚測定装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の基板膜厚測定装置において、

前記光学系は少なくとも 1 本の光ファイバーを具備し、該光ファイバーの先端部を前記透光液流に挿入し、該光ファイバー及び透光液を通して前記基板の被測定面に光を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を該透光液流及び光ファイバーを通して受光するように構成されていることを特徴とする基板膜厚測定装置。

【請求項 4】 請求項 2 乃至 3 の何れか 1 項に記載の基板膜厚測定装置において、

前記透光液流供給手段は前記柱状の透光液流を前記基板の被測定面に噴出する透光液ノズルと該柱状の透光液流の外周部に配置され該被測定面に当接した透光液を受ける透光液受部を具備し、該透光液ノズルと該透光液受部は前記基板の被測定面を介して密封状態で連通しており、該透光液ノズルに送液管を接続すると共に、前記透光液受部からは排液管を接続し、該排液管には排液ポンプを接続したことを特徴とする基板膜厚測定装置。

【請求項 5】 基板の処理面に所定の処理を施す基板処理装置において、

少なくとも請求項 2 乃至 4 のいずれかに記載の基板膜厚測定装置を具備し、処理中の基板の処理面に該基板膜厚測定装置の透光液流を当接させ、該透光液流を

通して処理面に光を照射すると共に、該処理面で反射される反射光を該透光液流を通して受光するように構成したことを特徴とする基板処理装置。

【請求項 6】 基板の処理面に所定の処理を施す基板処理装置において、

回転軸を中心に回転する回転テーブルに当接する処理中の基板の被測定面に光を投光し、反射される反射光強度から該被測定面を測定する基板面測定装置を具備し、前記基板の被測定面に照射する光及び該被測定面で反射された光を前記回転テーブルの反回転軸側の回転中心部を通して送受光する光学系を該回転体の外部に設けたことを特徴とする基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は基板の膜厚を測定する基板膜厚測定方法、基板膜厚測定装置及び該基板膜厚測定装置を用いる基板処理装置に関し、特に処理中基板の処理面の膜厚状態をリアルタイムで連続的に検出するのに好適な基板膜厚測定方法、基板膜厚測定装置及び該基板膜厚測定装置を用いる基板処理装置に関するものである。なお、本明細書で膜厚測定とは、単に膜厚の測定のみではなく、例えば基板面上に形成された金属薄膜の有無等、基板状態の検出或いは基板状態の観測も含むものとする。

【0002】

【従来の技術】

従来この種の技術としては、特開平 7 - 2 5 1 3 7 1 号公報に開示されたものがある。この技術は研磨中の被研磨基板の測定面にガラスファイバーを通してその先端から光を照射し、該測定面で反射された反射光を該ガラスファイバーを通して膜厚測定制御部に導くようにしたものである。

【0003】

上記のようにガラスファイバーで照射光及び反射光を受光する方法は、研磨中の被研磨基板には水滴が付着しており、測定誤差を発生するという問題がある。また、ガラスファイバーの先端面と被測定面との間隔を厳格に制御する必要がある。

【 0 0 0 4 】

また、特開平 1 0 - 2 6 4 0 1 7 号公報に開示されている技術は、洗浄槽の洗浄液に被研磨基板を浸漬し、洗浄液中に光ファイバーの先端面を浸漬し、該先端面を直接被測定面に近づけ光を照射し、該被測定面からの反射光を該光ファイバーを通して膜厚検出装置に導くように構成したものである。

【 0 0 0 5 】

洗浄液中に光ファイバーの先端を浸漬する方法は、光ファイバーの先端面と被測定面との間隔制御が必要であると共に、装置が大規模なものとなるという欠点がある。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、構成が簡単で研磨等の処理中の基板の膜厚をリアルタイムで、且つ高精度で測定できる基板膜厚測定方法、基板膜厚測定装置及び該基板膜厚測定装置を装備した基板処理装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため請求項 1 に記載の発明は、基板の被測定面に柱状の透光液流を当接し、該透光液流を通して該被測定面に光を照射し、該被測定面で反射された反射光を該透光液流を通して受光し、該受光した反射光強度から被測定面の膜厚を測定することを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

また、請求項 2 に記載の発明は、基板の被測定面に柱状の透光液流を当接させる透光液流供給手段と、該透光液流を通して基板の被測定面に光を照射すると共に、該透光液流を通して基板の被測定面で反射された反射光を受光する光学系と、該光学系で受光した反射光強度から該被測定面の膜厚を測定する膜厚測定手段を具備することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

上記のように基板の被測定面に水のように光を透過する透光液の柱状の透光液

流を当接させた場合、該透光液流は長さが短い場合その径は略一定であり、被測定面上の測定スポットの大きさは、透光液流噴出端と被測定面との間隔に依存せず、厳密な間隔制御が不要となるから、精度良く膜厚を測定できる。特に柱状の水や薬液等の透光液を被測定面に当接させる既設のノズル等の透光液流供給手段がある場合は、この透光液流供給手段からの透光液流を利用して膜厚を測定できるから、装置の大きな改造を必要としない。

【 0 0 1 0 】

また、請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の基板膜厚測定装置において、光学系は少なくとも 1 本の光ファイバーを具備し、該光ファイバーの先端部を透光液流に挿入し、該光ファイバー及び透光液流を通して基板の被測定面に光を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を該透光液流及び光ファイバーを通して受光するように構成されていることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

上記のように、光ファイバー及び透光液流を通して基板の被測定面に光を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を該透光液流及び光ファイバーを通して受光するように構成するので、光ファイバーの先端及び透光液流噴出端との間隔の制御を必要としない。また、高精度の膜厚を測定できる。

【 0 0 1 2 】

また、請求項 2 に記載の基板膜厚測定装置において、光学系はレンズを介して光を透光液流に投光し、該投光した光を透光液流を通して基板の被測定面を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を透光液流及びレンズを通して受光するように構成されていることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

上記のように、レンズを介して光を透光液流に投光し、該投光された光を透光液流を通して基板の被測定面を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を透光液流及びレンズを通して受光するように構成しているので、レンズ及び透光液流噴出端との間隔の制御が必要なく高精度の膜厚を測定できる。また、透光液流中に照射用光ファイバー及び受光用光ファイバーを挿入しないから、透光液流の変形を防止することができる。

【 0 0 1 4 】

また、請求項4に記載の発明は、請求項2乃至3の何れか1項に記載の基板膜厚測定装置において、透光液流供給手段は柱状の透光液流を基板の被測定面に噴出する透光液ノズルと該柱状の透光液流の外周部に配置され該被測定面に当接した透光液を受ける透光液受部を具備し、該透光液ノズルと該透光液受部は基板の被測定面を介して密封状態で連通しており、該透光液ノズルに送液管を接続すると共に、透光液受部からは排液管を接続し、該排液管には排液ポンプを接続したことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

上記のように、透光液ノズルと透光液受部は基板の被測定面を介して密封状態で連通しており、該透光液ノズルに送液管を接続すると共に、排液管には排液ポンプを接続したので、排液ポンプを運転することにより排液管内は減圧され、透光液は送液管を通して透光液ノズルに流れ、該透光液ノズルから柱状の透光液流となって基板の被測定面に当接し、透光液受部を経由して排液管に流れるから、加圧ポンプを設けることなく、基板膜厚測定のための柱状の透光液流を形成できる。同時に透光液受部に流れ込むスラリー等の異物は排液管を通して排出できる。

【 0 0 1 6 】

また、請求項5に記載の発明は、基板の処理面に所定の処理を施す基板処理装置において、少なくとも請求項2乃至4のいずれかに記載の基板膜厚測定装置を具備し、処理中の基板の処理面に該基板膜厚測定装置の透光液流を当接させ、該透光液流を通して処理面に光を照射すると共に、該処理面で反射される反射光を該透光液流を通して受光するように構成したことを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

上記のように処理中の基板の処理面に該基板膜厚測定装置の透光液流を当接させ、該透光液流を通して処理面に光を照射すると共に、該処理面で反射される反射光を該透光液流を通して受光するように構成したので、処理中の基板の処理面を何ら損傷させることなく、膜厚をリアルタイムで測定できる（in-situ膜厚測定）。

【 0 0 1 8 】

また、請求項 6 に記載の発明は、基板の処理面に所定の処理を施す基板処理装置において、回転軸を中心に回転する回転テーブルに当接する処理中の基板の被測定面に光を投光し、反射される反射光強度から被測定面を測定する基板面測定装置を具備し、基板の被測定面に照射する光及び被測定面で反射された光を回転テーブルの反回転軸側の回転中心部を通して送受光する光学系を該回転体の外部に設けたことを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

上記のように基板の被測定面に照射する光及び被測定面で反射された光を回転テーブルの反回転軸側の回転中心部を通して送受光するので、回転テーブルの外部に設けた光学系を回転テーブル部に設けた光学系に同期させて回転させる必要がなく、構成が簡単になる。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態例を図面に基づいて説明する。図 1 は本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成を示す図である。図 1 において、1 は表面に薄膜 2 が形成された基板であり、5 は該基板 1 の処理面 2 a に円柱状の水流を噴出し当接させる水噴出用ノズル 5 である。該水噴出用ノズル 5 内には照射用ファイバ 7 と受光用ファイバ 8 の先端部が挿入配置されている。

【 0 0 2 1 】

上記構成の基板膜厚測定装置において、加圧水流 6 を水噴出用ノズル 5 に供給しその先端から細い円柱状の水流 4 を基板 1 の処理面 2 a の所定の位置に当接させ、測定スポット 3 を形成する。この状態で、測定演算部 9 から照射用ファイバ 7 を通して、水流 4 内に光を送り、該光を該水流 4 を通して基板 1 の測定スポット 3 内の測定面に照射する。このときの水流 4 中の光軸と該測定面は略垂直であることが装置構成上好ましい。但し、場合によっては照射用ファイバからの光の該測定面からの反射光を受光用ファイバ 8 が受光可能な位置関係ならば水流 4 中に光軸を該測定面に対して斜めとする構成も可能である。

【 0 0 2 2 】

処理面（測定面）2 a で反射された反射光は水流 4 及び受光用ファイバ 8 を通って測定演算部 9 に導かれる。該測定演算部 9 では反射光から薄膜 2 の膜厚を測定する。この時水噴出用ノズル 5 の内面は鏡面加工を施し、効率良く照射／反射光を照射用／受光用ファイバ 7、8 に導くように工夫がなされている。

【0023】

また、時として、薄膜 2 と水流 4 が接する部分に水滴が溜まる場合があり、測定スポット 3 が乱れてしまう。そこで、図 2 に示すように、水噴出用ノズル 5 から薄膜 2 の測定スポット 3 に延びる螺旋状に巻回した排水用部材 3 8 を設け、水滴を除去する工夫をするとよい。また、水流 4 を基板に対して斜めとした場合、及び水流 4 を上方向や下方向に供給する機構においても、水滴を除去する手段を適宜組合せても良い。なお、図 2、図 4 で示すように排水用部材としてはバネのような形状を有する構造で、水の表面張力を利用するもの、或いは図示しないが水噴出用ノズル 5 を囲むように設置された吸引ノズルによるものなどが考えられる。

【0024】

上記基板膜厚測定装置において、水噴出用ノズル 5 の先端から処理面 2 a までの距離が短ければ（即ち、水流 4 の長さが短ければ、実際には水噴出用ノズル 5 の内径の約 1.5 倍以内の場合や、実験では水噴出用ノズル 5 の内径 $700\mu\text{m}$ の場合、水流 4 の長さが 30mm 以内の場合で行ったこともある）、水流 4 の直径は略一定であるから、処理面 2 a 上の測定スポット 3 の大きさは、水噴出用ノズル 5 の先端及び照射用ファイバ 7 の先端と処理面 2 a との距離に依存せず決定されるので、厳密な間隔制御が不要になる。

【0025】

図 3 は測定演算部 9 の構成を示す図である。この測定演算部 9 は基板 1 の薄膜 2 が酸化膜（例えば、酸化シリコン膜 SiO_2 ）である場合の構成である。図 3 において、ハロゲン光源 10 から発した光は、第 1 のレンズ 11 を通って照射用ファイバ 7 に導かれ、該照射用ファイバ 7 の先端から水流 4 内（図 1 参照）を通じて基板 1 の処理面（研磨面）2 a に照射される。該処理面（研磨面）2 a で反射された反射光は受光用ファイバ 8 を通って第 2 のレンズ 12 に導かれ、該第 2

のレンズ 1 2 から回折格子 1 3 に導かれ分光される。分光された光は、CCD ラインセンサ 1 4 によって、光の波長に対する分光反射強度として検出され、A/D 変換器 1 5 でデジタル信号に変換され、演算器 1 6 に送られる。

【 0 0 2 6 】

なお、図 1 及び図 2 に示す基板膜厚測定装置では、水噴出用ノズル 5 内に照射用ファイバ 7 と受光用ファイバ 8 の 2 本の光ファイバを挿入配置した例を示すが、図 4 に示すように、水噴出用ノズル 5 内に 1 本の照射／受光合成ファイバ 3 9 を挿入配置するように構成してもよい。

【 0 0 2 7 】

図 4 において、4 0 はビームスプリッタであり、4 1 ～ 4 3 はレンズ、4 4 は照射用ファイバ、4 5 は受光用ファイバである。測定演算部 9 からの光は照射用ファイバ 4 4、レンズ 4 2、ビームスプリッタ 4 0、レンズ 4 1、照射／受光合成ファイバ 3 9、該水流 4 を通して基板 1 の測定スポット 3 内の測定面に照射される。測定面で反射された反射光は水流 4、照射／受光合成ファイバ 3 9、レンズ 4 1、ビームスプリッタ 4 0、レンズ 4 3、受光用ファイバ 4 5 を通って測定演算部 9 に導かれる。

【 0 0 2 8 】

膜厚測定に際しては、先ず、はじめに薄膜が形成されていない基板 1 の分光反射率比を求めておく。基板 1 の処理動作中は、ある決められた測定点を周期的に計測するように機械的に制御を行い、測定点の薄膜の分光反射率比を周期的に求める。

【 0 0 2 9 】

図 5 乃至図 8 は本発明の基板膜厚測定装置で膜厚測定演算する場合の処理フローを示す図である。図 5 において、被測定点（被測定膜の付いた部分）の分光反射強度から分光反射率比 $S(\lambda)$ を求める（図 2 1 の曲線 a 参照）（ステップ S T 1）と共に、被測定膜の付いていない部分の分光反射強度から分光反射率比 $R(\lambda)$ を求める（図 2 1 の曲線 b 参照）（ステップ S T 2）。除算して膜の分光反射率比（＝測定プロファイル） $R_{meas}(\lambda) = S(\lambda) / R(\lambda)$ を得る（図 2 1 の曲線 c 参照）（ステップ S T 3）。ここで λ は光の波長を示す。なお、図

21の曲線a、bは例えば入射光源にハロゲンランプを用いた時、反射光の波長のスペクトルが連続である場合を示している。

【0030】

膜厚値Dを求めるために、膜厚の変数をdとおき膜厚値が存在すると思われる範囲($d_1 \sim d_2$)でdを変化させる。先ずdを初期化し($d = d_1$) (ステップST4)、該当膜厚dにおける分光反射率比の理論値 $R_{calc}(\lambda)$ と実測値 $R_{meas}(\lambda)$ の差の2乗和の評価値 E_d を求め、評価関数 $E(d)$ を得る(ステップST5)。最小計測単位 Δd を足し($d = d + \Delta d$) (ステップST6)、続いて $d \leq d_2$ か否かを判断し(ステップST7)、 $d \leq d_2$ であったら前記ステップST5に戻って処理を繰返す。

【0031】

また、 $d \leq d_2$ でなかったら、予めステップST8で求めておいた分光反射率比の理論値 $R_{calc}(\lambda_e)$ と測定プロファイルを1とした場合($S(\lambda_e)/R(\lambda_e) = 1$)との差の2乗和の評価関数 $E_{new}(d)$ より、本来の膜厚に起因する信号分 $PE(d)$ を抽出するため、 $PE(d) = E(d)/E_{new}(d)$ を算出し(ステップST9)、評価関数の比率 $PE(d)$ の最小値を与える膜厚dを膜厚値Dとする(図22参照) (ステップST10)。本実施形態の場合、膜厚値Dは図22に示すように約460nmである。実際は膜厚値Dは演算器16により、特に図22を作成することなく評価関数の比率 $PE(d)$ の最小値を与えるdを比較演算して自動的に求める。

【0032】

図6は図5のステップST5の該当膜厚dにおける測定波長領域内($\lambda_1 \sim \lambda_2$)での分光反射率比の理論値 $R_{calc}(\lambda)$ と実測値 $R_{meas}(\lambda)$ の差の2乗和から評価値 E_d を求め、評価関数 $E(d)$ を得る処理フローを示す図である。先ず、波長 λ を測定波長域 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の範囲内で変化させる初期化($\lambda = \lambda_1$ 、 $E_d = 0$)を行う(ステップST11)。

【0033】

次に、以下の計算により評価値 E_d を求める(ステップST12)。当該膜厚dにおける理論値 $R_{calc}(\lambda)$ と実測値 $R_{meas}(\lambda)$ の差の2乗和を求める。

$$E_{\lambda} = (R_{\text{meas}}(\lambda) - R_{\text{calc}}(\lambda))^2$$

$$E_d = E_d + E_{\lambda}$$

【0034】

理論値 $R_{\text{calc}}(\lambda)$ は吸収係数を零とした場合、以下の式で計算できる。

$$R_{\text{calc}}(\lambda) = r_1^2 + r_2^2 + 2 \times r_1 \times r_2 \times \cos \delta$$

但し、 $r_1 = (1 - n_1) / (1 + n_1)$ 、 $r_2 = (1 - n_b) / (1 + n_b)$ 、 $\delta = 4 \pi n_1 d / \lambda$ 、 n_1 ：膜の屈折率、 n_b ：基板の屈折率、 d ：膜厚、 λ ：測定波長領域 ($\lambda_1 \sim \lambda_2$)

【0035】

次に、測定波長域方向の分解能 $\Delta \lambda$ を足し ($\lambda = \lambda + \Delta \lambda$) (ステップ ST 1 3)、続いて $\lambda \leq \lambda_2$ か否かを判断し (ステップ ST 1 4)、 $\lambda \leq \lambda_2$ であったら前記ステップ ST 1 2 に戻り処理を繰返し、 $\lambda \leq \lambda_2$ でなかったら評価関数 $E(d)$ に評価値 E_d を代入し ($E(d) = E_d$) (ステップ ST 1 5)、図 5 のステップ ST 6 に移行する。

【0036】

図 7 は、図 5 のステップ ST 8 において、膜厚検索範囲内 ($d_1 \leq d \leq d_2$) における分光反射率比の理論値 $R_{\text{calc}}(\lambda_e)$ と測定プロファイル $S(\lambda_e) / R(\lambda_e) = 1$ との差の 2 乗和の評価関数 $E_{\text{new}}(d)$ を求める処理フローを示す図である。図 7 において、ステップ ST 2 1 ～ ST 2 3 では、被測定膜の付いている部分の分光反射率比 $S(\lambda_e)$ と、被測定膜の付いていない部分の分光反射率比 $R(\lambda_e)$ が等しいものとし、測定プロファイルを 1 ($S(\lambda_e) / R(\lambda_e) = 1$) としている。

【0037】

膜厚の変数 d を膜厚の存在すると思われる範囲 ($d_1 \sim d_2$) で d を変化させる。先ず変数 d を初期化する ($d = d_1$) (ステップ ST 2 4)。該当膜厚 d における分光反射率比の理論値 $R_{\text{calc}}(\lambda_e)$ と測定プロファイル $S(\lambda_e) / R(\lambda_e) = 1$ との差の 2 乗和の評価値 $E_{\text{new}d}$ を求め、評価関数 $E_{\text{new}}(d)$ を得る (ステップ ST 2 5)。最小計測単位 Δd を足し ($d = d + \Delta d$) (ステップ ST 2 6)、続いて $d \leq d_2$ か否かを判断し (ステップ ST 2 7)、 $d \leq d_2$ な

らば前記ステップST25に戻って処理を繰返し、 $d \leq d_2$ でない場合、図5のステップST9に移行する（SUB2関数を抜ける）。

【0038】

図8は図7のステップST25において、当該膜厚 d における測定波長領域内（ $\lambda_1 \sim \lambda_2$ ）内での分光反射率の理論値 $R_{calc}(\lambda_e)$ と測定プロファイル $S(\lambda_e)/R(\lambda_e) = 1$ との差の2乗和の評価値 E_{newd} を求め、評価関数 $E_{new}(d)$ を得る処理フローを示す図である。先ず波長 λ_e を測定波長領域 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の範囲内で変化させる初期化（ $\lambda_e = \lambda_1$ 、 $E_{newd} = 0$ ）を行う（ステップST31）。

【0039】

該当膜厚 d における理論値 R_{calc} と測定プロファイル $S(\lambda_e)/R(\lambda_e) = 1$ との差の2乗和を求める（ステップST32）。

$$E_{\lambda_e} = (R_{calc}(\lambda_e) - 1)^2$$

$$E_{newd} = E_{newd} + E_{\lambda_e}$$

【0040】

理論値 $R_{calc}(\lambda_e)$ は吸収係数を零とした場合以下の式で計算できる。

$$R_{calc}(\lambda_e) = r_1^2 + r_2^2 + 2 \times r_1 \times r_2 \times \cos \delta$$

但し、 $r_1 = (1 - n_1) / (1 + n_1)$ 、 $r_2 = (1 - n_b) / (1 + n_b)$ 、 $\delta = 4\pi n_1 d / \lambda_e$ 、 n_1 ：膜の屈折率、 n_b ：基板の屈折率、 d ：膜厚、 λ_e ：測定波長領域（ $\lambda_1 \sim \lambda_2$ ）

【0041】

測定波長域方向の分解能 $\Delta\lambda$ を足し（ $\lambda_e = \lambda_e + \Delta\lambda$ ）（ステップST33）、 $\lambda_e \leq \lambda_2$ か否かを判断し（ステップST34）、 $\lambda_e \leq \lambda_2$ の場合はステップST32に戻り処理を繰返し、 $\lambda_e \leq \lambda_2$ でない場合、評価関数 $E_{new}(d)$ に、評価値 E_{newd} を代入し（ $E_{new}(d) = E_{newd}$ ）（ステップST35）、図7のステップST26に移行する（SUB3を抜ける）。

【0042】

図9は被測定膜が金属膜で処理状態を検出する場合の測定演算部9の構成を示す図である。図9において、ハロゲン光源10から発した光は、第1のレンズ1

1 を通って照射用ファイバ 7 に導かれ、該照射用ファイバ 7 の先端から水流 4 内を
通って基板 1 の測定面に照射される。該測定面で反射された反射光は受光用フ
ァイバ 8 を通って第 2 のレンズ 1 2 に導かれ、該第 2 のレンズ 1 2 から光強度検
出素子（例えば、フォトダイオード）1 7 に導かれ光強度として検出され、A /
D 変換器 1 8 でデジタル信号に変換され、演算器 1 6 に送られる。

【 0 0 4 3 】

金属膜は膜厚が厚い場合、透過光がほとんどなく膜上で反射される光ばかりで
ある。金属膜が処理により薄くなり、なくなる状態を検出する場合、分光反射率
比を求めず単純に光強度情報から、処理終点を検出できる。また、金属膜の有無
によって、分光反射率比が異なるならば、光強度情報のみではなく分光反射率比
の変化情報で金属膜の有無を判断することも可能である。

【 0 0 4 4 】

図 1 0 は本発明に係る基板膜厚測定装置の他の構成例を示す図である。図 1 0
において、1 は表面に薄膜 2 が形成された基板であり、5 は該基板 1 の処理面 2
a に水流を噴出する水噴出用ノズルであり、該水噴出用ノズル 5 の下端にはレン
ズ 2 0 が水を封じるように水密状態に設けられている。加圧水流 6 を水噴出用ノ
ズル 5 に供給しその先端から細い円柱状の水流 4 を基板 1 の処理面（測定面）2
a の所定の位置に当接させ、測定スポット 3 を形成する。

【 0 0 4 5 】

ハロゲン光源 2 1 からの光をレンズ 2 2、ビームスプリッタ 2 3、レンズ 2 4
を通して水噴出用ノズル 5 の下端に設けたレンズ 2 0 に導く。該レンズ 2 0 に導
かれた光は水流 4 内を通過して基板 1 の測定スポット 3 内の処理面（測定面）2 a
に照射される。該処理面（測定面）2 a で反射された反射光は水流 4 内を通過して、
レンズ 2 0 及びレンズ 2 4 を通ってビームスプリッタ 2 3 に導かれ、該ビーム
スプリッタ 2 3 で分離され、レンズ 2 5 を通して受光部 2 6 に導かれる。この受
光部 2 6 は図 3 に示すように、回折格子 1 3、CCD ラインセンサ 1 4、A / D
変換器 1 5 及び演算器 1 6 で構成するか、或いは図 9 に示すように、光強度検出
素子 1 7、A / D 変換器 1 8 及び演算器 1 6 で構成する。

【 0 0 4 6 】

図 1 1 及び 1 2 は被研磨基板と研磨体の相対運動により被研磨基板の研磨面を研磨する研磨装置に本発明に係る基板膜厚測定装置を設け、研磨中の膜厚をリアルタイムで検出する場合の構成例を示す図である。図 1 1 は一部断面側面図、図 1 2 は図 1 1 の Y-Y 矢視図である。図 1 1 及び図 1 2 において、3 0 はターンテーブルであり、該ターンテーブル 3 0 の上面には研磨布 3 1 が貼り付けられている。3 2 はトップリングであり、研磨される被研磨基板 3 3 は該トップリング 3 2 の下面に装着され、トップリング 3 2 と研磨布 3 1 の間に所定の圧力で挟まれている。なお、3 4 はトップリング 3 2 の下面外周部に装着され被研磨基板 3 3 の飛び出しを防止するためのガイドリングである。

【 0 0 4 7 】

トップリング 3 2 とターンテーブル 3 0 はそれぞれ独立して回転しており、図示は省略するが、研磨布 3 1 の上面には図示しない砥液供給ノズルから砥液が供給される。被研磨基板 3 3 と研磨布 3 1 の相対運動により、被研磨基板 3 3 の研磨面（研磨布 3 1 との当接面）は研磨される。

【 0 0 4 8 】

5 は図 1 及び図 2 と同様の水噴出用ノズルであり、該水噴出用ノズル 5 には加圧水流パイプ 3 6 が接続され、水噴出用ノズル 5 から噴出された水流 4 の水は水受皿 3 5 で受けられ、排水パイプ 3 7 で排出される。該水受皿 3 5 の上端は研磨布 3 1 の上面に開口しており、水噴出用ノズル 5 から噴出される水流 4 は被研磨基板 3 3 の研磨面に図 1 及び図 2 と同じように測定スポット 3 を形成する。なお、図では水噴出用ノズル 5 を分り易くするため大きく描いているが、実際には微小なスポットを構築するために水噴出用ノズル 5 の径は小さい（0.4 mm ～ 0.7 mm）。

【 0 0 4 9 】

水噴出用ノズル 5 内には図 1 及び図 2 の場合と同様、照射用ファイバ 7 と受光用ファイバ 8 の先端部が挿入されており、測定演算部 9 から照射用ファイバ 7 を通って水噴出用ノズル 5 内に導かれ、該水噴出用ノズル 5 から噴出される水流 4 を通って該水流 4 が当接する研磨面の測定スポット 3 内に投光される。そして該研磨面で反射された反射光は水流 4 及び受光用ファイバ 8 を通って測定演算部 9

に導かれる。

【 0 0 5 0 】

測定演算部 9 は図 3 又は図 9 に示すように構成されており、該測定演算部 9 へ供給する電源、該測定演算部 9 からの出力信号はターンテーブル 3 0 の回転駆動軸下端に設けた図示しない回転接続部を介して供給、伝送される。更に、出力信号は研磨装置の図示しない表示パネルに伝送され膜厚の測定状況を表示すると共に、研磨装置の制御部に伝送され、制御処理に用いられる。また、加圧水は回転駆動軸下端に取り付けられた図示しない回転接続機構を介して加圧水流パイプ 3 6 に供給されるようになっている。

【 0 0 5 1 】

上記のように、研磨装置に基板膜厚測定装置を設けることにより、簡単な構成で研磨中の基板 1 の膜厚をリアルタイムで、且つ高精度で安定して測定できる。

【 0 0 5 2 】

図 1 3 は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す一部断面側面図である。本研磨装置が図 1 1 及び図 1 2 に示す研磨装置と相違する点は、水噴出用ノズル 5 及び該水噴出用ノズル 5 から噴出される水を受ける水受皿 3 5 をターンテーブル 3 0 の外周近傍に配置し、ターンテーブル 3 0 の外側で被研磨基板 3 3 の研磨面膜厚を測定するように構成している点である。このように構成することにより、被研磨基板 3 3 の膜厚を測定するとき研磨を一時的に中止し、或いは中止せず研磨の最中にトップリング 3 2 下面の一部をターンテーブル 3 0 上面よりはみ出させた状態で膜厚を測定することができる。

【 0 0 5 3 】

図 1 4 は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す一部断面側面図である。本研磨装置が図 1 1 及び図 1 3 に示す研磨装置と異なる点は、ターンテーブル 3 0 が図示しない非自転機構により自転せず、偏心量 e の公転を行うように構成している点である。このように構成することにより、加圧水流パイプ 3 6 への加圧水の供給は回転接続機構を介することなく直接供給できる。また、静止部に設けられた測定演算部 9 と水噴出用ノズル 5 の間に照射用ファイバ 7 と受光用ファイバ 8 を直接張り渡すことができる。

【 0 0 5 4 】

図 1 5 乃至図 1 6 は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す図で、図 1 5 は一部側断面図、図 1 6 は図 1 5 の Y - Y 矢視図である。本研磨装置は図 1 1 及び図 1 2 に示す研磨装置に基板膜厚測定スポットを半径上に複数個（図では 3 個）設置した場合を示している。本研磨装置が図 1 1 及び図 1 2 の研磨装置と異なる点は、水噴出用ノズル 5、照射用ファイバ 7、受光用ファイバ 8 が各々 3 組設けられ、複数スポットで研磨面膜厚を測定するように構成している点である。

【 0 0 5 5 】

図 1 5 及び図 1 6 の研磨装置において、測定演算部 9 は 1 つであり、各測定スポットの研磨面で反射された反射光は水流 4 及び受光用ファイバ 8 を通って測定演算部 9 に導かれる。測定演算部 9 では複数点の演算結果を出力してもよいし、また平均値をとって 1 点の演算結果を出力してもよい。また、測定演算部 9 を測定スポットと 1 対 1 になるように構成して、即ち、膜厚測定装置を測定スポットの箇所と同数台設置し、研磨装置の制御部にて、各測定演算部 9 の出力結果を編集してもよい。

【 0 0 5 6 】

図 1 7 は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す図である（図 1 5 の Y - Y 矢視図に相当する）。本研磨装置は図示するように、図 1 1 及び図 1 2 に示す研磨装置に基板膜厚測定スポットを同心円上に複数個（図では 3 個）設置している。このように構成することにより、ターンテーブル 3 0 上の同一周回上で、該ターンテーブルが 1 回転する間に複数回膜厚を測定できるため、精度の高い膜厚測定が可能となる。

【 0 0 5 7 】

図 1 8 は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す図である（図 1 5 の Y - Y 矢視図に相当する）。本研磨装置は図示するように、図 1 1 及び図 1 2 に示す研磨装置に基板膜厚測定スポットを放射状に複数個（図では放射方向に 2 個ずつ計 6 個）設置している。このような構成は、例えばターンテーブル 3 0 上で複数のトップリングが作用して、同時に複数の基板を研磨する場

合や、トップリング 3 2 の揺動範囲、揺動速度とターンテーブル 3 0 の回転速度の関係が所定の範囲を越える場合に採用される。このように基板膜厚測定スポットを複数設置できる理由は、本発明に係る基板膜厚測定スポットが、従来の膜厚測定装置に比べて大幅に小型化できるからである。

【 0 0 5 8 】

図 1 9 は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す一部断面側面図である。図示するように、水受皿 3 5 は水噴出用ノズル 5 の外周部に該水噴出用ノズル 5 及び水流 4 を囲むように設けられている。また、該水受皿 3 5 はターンテーブル 3 0 内部及び研磨布 3 1 を貫通して形成された水受空間となっており、該水受空間の上部をトップリング 3 2 に装着された被研磨基板 3 3 で塞ぐことにより、水噴出用ノズル 5 内と該水受空間である水受皿 3 5 内は外部から密封され且つ連通した状態となる。即ち、水噴出用ノズル 5 内と水受皿 3 5 内は被研磨基板 3 3 の被測定面を介して密封状態で連通している。

【 0 0 5 9 】

また、水噴出用ノズル 5 には送水パイプ 7 1 の一端が接続され、該送水パイプ 7 1 の他端は水タンク 7 3 に接続されている。また、水受皿 3 5 には排水パイプ 3 7 が接続され、該排水パイプ 3 7 には回転接続機構 7 4 を介して排水ポンプ 7 5 が接続されている。

【 0 0 6 0 】

排水ポンプ 7 5 を運転し、排水パイプ 3 7 内を減圧すると、上記のように水噴出用ノズル 5 内と水受皿 3 5 内は被研磨基板 3 3 の被測定面を介して密封状態で連通しているから、送水パイプ 7 1 を通して水タンク 7 3 から供給される水は水流を形成して、更に排水パイプ 3 7 を通って排水されることになる。従って、図 1 1 のように加圧水流パイプ 3 6 を介して加圧ポンプ（図示せず）で加圧した水を水噴出用ノズル 5 に供給する必要がない。また、水受皿 3 5 内に流れ込んだスラリー等の異物は排水パイプ 3 7 を通って排出される。

【 0 0 6 1 】

なお、送水パイプ 7 1 の上流側に加圧ポンプを設け、加圧水を供給すると共に、排水ポンプ 7 5 で排水するようにしてもよい。また、上記のように水受皿 3 5

に排水パイプ 37 を接続し、該排水パイプ 37 に排水ポンプ 75 を設けることは、図 14 に示すように、ターンテーブル 30 が自転せず、偏心量 e の公転を行う研磨装置で行ってもよい。

【 0 0 6 2 】

図 20 は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す側断面図である。本研磨装置では、図示するように、ターンテーブル 30 の回転中心部に穴又は透光用部材からなる窓 84 を設け、光源 81 から光 L を第 1 レンズ 82 を介して平行光線 $L1$ とし、該平行光線 $L1$ をビームスプリッタ 83 を介して窓 84 に導き、更にミラー 85 を介して第 3 レンズ 86 に導き、更に照射／受光合成ファイバー 80 及び水噴出用ノズル 5 から噴出される水流 4 を通して、被研磨基板 33 の膜厚を測定する被研磨面に照射するように構成されている。

【 0 0 6 3 】

上記被研磨面で反射された光を、水流 4 及び照射／受光合成ファイバー 80 を通して第 3 レンズ 86 に導き、更にミラー 85、窓 84、ビームスプリッタ 83 及び第 2 レンズ 87 を介して検出器 88 に導き、該検出器 88 で被研磨面の膜厚を測定するように構成している。

【 0 0 6 4 】

上記のようにターンテーブル 30 の側に設けた光学系（ミラー 85、第 3 レンズ 86 等）と、ターンテーブル 30 の外側に設けた光学系（第 1 レンズ 82、ハーフミラー 83、第 2 レンズ 87 等）との間で光の送受をターンテーブル 30 の上面（回転軸 30a の反対側）の回転中心部に設けた穴又は透光用部材からなる窓 84 を介して行うので、ターンテーブル 30 の外側に設けた光学系をターンテーブル 30 の側に設けた光学系に同期させて回転させる必要がない。

【 0 0 6 5 】

例えば、ターンテーブル 30 の側の光学系であるミラー 85 をターンテーブル 30 の回転中心から外れた位置に設けた場合、該ミラー 85 はターンテーブル 30 の回転に伴って回転するから、ビームスプリッタ 83 との間で光の送受を行うためには、ビームスプリッタ 83 を含むターンテーブル 30 の外側に設けた光学系をミラー 85 の回転に同期させて回転する必要がある。しかしここでは、ミラ

ー 8 5 をターンテーブル 3 0 の回転中心部に設け、ビームスプリッタ 8 3 と光の送受をターンテーブル 3 0 の上面の回転中心部に設けた穴又は透光用部材からなる窓 8 4 を通して行うので、ターンテーブル 3 0 の外側に設けた光学系を回転させる必要がない。

【 0 0 6 6 】

また、ミラー 8 5 とビームスプリッタ 8 3 との光の送受は、平行光線 L 1 を用いているので、回転による捻じれの問題はない。また、光を回転軸 3 0 a の中を通す構成でないので、光軸合わせの作業が容易になる。ターンテーブル 3 0 には照射／受光合成ファイバ 8 0、第 3 レンズ 8 6 及びミラー 8 5 のみを設置すればよいので、ターンテーブル 3 0 に大きな設置スペースを必要とせず、ターンテーブル 3 0 の全体のバランスをとる必要もない。

【 0 0 6 7 】

また、窓 8 4 が透光用の穴である場合、該穴にスラリー等の流入を防ぐため、窓 8 4 の周囲に土手 8 9 を設ける。また、土手 8 9 に代え周囲にスラリー等が流れ込む溝を設けてもよい。また、窓 8 4 として透光部材を設ける場合、該透光部材をターンテーブル 3 0 の上面より突出させて配置することにより、スラリー等の流入を防止することもできる。

【 0 0 6 8 】

なお、上記基板膜厚測定装置において、水噴出用ノズル 5 より水を噴出して水流 4 を形成する例を示したが、水噴出用ノズル 5 より噴出する液体は水に限定されるものではなく、光を透過する透光液であればよく、即ち、水噴出用ノズル 5 から該透光液を噴出し、円柱状の透光液流を形成するようにしてもよい。また、水噴出用ノズル 5 は、専用に設ける必要がなく、例えば基板を洗浄するための洗浄水を噴出する洗浄水噴出ノズルを利用し、基板の測定面に当接する洗浄水流を通して光を照射し、該測定面で反射された反射光を該洗浄水流を通して測定演算部 9 へ導くようにしてもよい。

【 0 0 6 9 】

また、上記例では研磨装置として上面に研磨布 3 1 を貼り付けたターンテーブル 3 0 とトップリング 3 2 を具備し、トップリング 3 2 と研磨布 3 1 の間に被研

磨基板 3 3 を挟み込み、被研磨基板 3 3 と研磨布 3 1 の相対運動で研磨する研磨装置を例に説明したが、研磨装置の構成はこれに限定されるものではなく、例えばターンテーブル 3 0 の上面に砥石板を設け、砥石板と被研磨基板の相対運動で研磨面を研磨するように構成したものでも良い。要は被研磨基板と研磨体の相対運動により該被研磨基板の研磨面を研磨する研磨装置であればよく、このような構成の研磨装置に本発明に係る基板膜厚測定装置を設けると、研磨中の基板の膜厚をリアルタイムで、且つ高精度で安定的に測定できる。

【 0 0 7 0 】

図 2 3 は本発明に係る基板膜厚測定装置を備えた基板洗浄装置の構成例を示す図である。図 2 3 において、5 1 は半導体ウエハ等の基板であり、該基板 5 1 には測定しようとする薄膜が形成されている。基板 5 1 は複数の基板保持部材 5 3 を具備する基板保持機構 5 2 により、薄膜形成面を上にして保持され矢印 A に示すように回転する。5 5 はペンシル型の洗浄具であり、回転軸 5 6 を介してアーム 5 7 に支持され、矢印 B に示すように回転する。洗浄具 5 5 の先端にはスポンジ等の洗浄部材 5 8 が取り付けられている。

【 0 0 7 1 】

また、5 9 は洗浄液ノズルであり、該洗浄液ノズル 5 9 内には、図 2 4 に示すように、照射用ファイバ 6 0 と受光用ファイバ 6 1 が挿入配置されている。また、該照射用ファイバ 6 0 と受光用ファイバ 6 1 は測定演算部 6 2 に接続されている。アーム 5 7 は支持軸 6 3 を中心に矢印 C に示すように揺動し、且つ矢印 D に示すように上下動できるようになっている。

【 0 0 7 2 】

上記構成の基板洗浄装置において、洗浄液ノズル 5 9 から透光性の洗浄液（主に水）を噴出し、回転する洗浄具 5 5 をアーム 5 7 で揺動させながら、基板 5 1 の上面を所定の圧力で押圧し洗浄する。洗浄液ノズル 5 9 から噴出された、洗浄液は基板上面に測定スポット 6 4 を形成する。測定演算部 6 2 から照射用ファイバ 6 0、洗浄液流 6 5 を通して測定スポット 6 4 の基板 5 1 の薄膜面に光を照射し、反射した光を洗浄液流 6 5、受光用ファイバ 6 1 を通して測定演算部 6 2 に導く。これにより、測定演算部 6 2 は洗浄中に基板 5 1 に形成された薄膜の膜厚

の測定（場合によっては膜の有無の検出）ができる。なお、図 2 4 において、7 0 は洗浄液を送出する洗浄液ポンプである。

【 0 0 7 3 】

図 2 5 は本発明に係る基板膜厚測定装置を備えた基板洗浄装置の構成例を示す図である。本洗浄装置は外周にスポンジ等の洗浄部材 6 7 が取り付けられた回転するロール型の洗浄具 6 6 を具備する。この回転するロール型の洗浄具 6 6 を回転コマ 6 8 を有する複数本のスピンドル 6 9 で保持し、且つ矢印 E に示すように回転する基板 5 1 に押し付け、洗浄液ノズル 5 9 から洗浄液を噴出しながら、基板 5 1 の上面を洗浄する。

【 0 0 7 4 】

洗浄液ノズル 5 9 内には、図 2 4 に示すように、照射用ファイバ 6 0 と受光用ファイバ 6 1 が挿入配置されている。また、該照射用ファイバ 6 0 と受光用ファイバ 6 1 は測定演算部 6 2 に接続されている。洗浄液ノズル 5 9 から噴出された、洗浄液は基板上面に測定スポット 6 4 を形成する。測定演算部 6 2 から照射用ファイバ 6 0、洗浄液流 6 5 を通して測定スポット 6 4 の基板 5 1 の薄膜面に光を照射し、反射した光を洗浄液流 6 5、受光用ファイバ 6 1 を通して測定演算部 6 2 に導くことにより、図 2 3 に示す基板洗浄装置と同様、基板 5 1 の洗浄中に薄膜の膜厚の測定（場合によっては膜の有無の検出）ができる。

【 0 0 7 5 】

なお、図 2 3 及び図 2 5 の基板洗浄装置においては、図 1 及び図 2 に示すような構成の基板膜厚測定装置を設ける場合を例に説明したが、これに限定されるものではなく、図 4、図 1 0 に示す構成の基板膜厚測定装置でもよいことは当然である。

【 0 0 7 6 】

図 2 6 は本発明に係る基板処理装置の構成例を示す図である。本基板処理装置はターンテーブル 3 0、トップリング 3 2 を具備し、該ターンテーブル 3 0 の上面に設けた研磨布 3 1 にトップリング 3 2 に保持した被研磨基板 3 3 を押圧して研磨等の処理を行う基板処理装置である。光源 9 0 からの光 L は第 1 レンズ 9 1 を通って平行光線 L 1 となり、ビームスプリッタ 9 2 を通って、ターンテーブル

30の反回転軸側の回転中心部に設けた穴又は透光用部材からなる窓93に入射する。該入射した平行光線L1は第1ミラー94及び第2ミラー95に反射され、更に第2レンズ96及び窓97を通して被研磨基板33の研磨面に焦点を形成するように照射される。

【0077】

被研磨基板33の研磨面から反射された反射光は第2レンズ96を通り、第2ミラー95及び第1ミラー94で反射され、更に窓93、ビームスプリッタ92を通してCCDカメラ98に入射する。該CCDカメラ98は入射された反射光を処理し、被研磨基板33の研磨面を画像として取り込み、該研磨面上のパーティクル検出又は被研磨基板33の割れ等の研磨面の状態をその場で観測する。

【0078】

また、本発明に係る基板膜厚測定装置は、例えばCVD装置、めっき装置等の基板に膜を形成する装置、基板に形成された膜の研磨、除去等の処理を行う基板処理装置に備えることにより、基板に形成された膜厚の測定、膜の有無等の基板状態の検出或いは基板状態の観測も可能である。特に、これに基板処理装置において、基板に透光性の洗浄液や各種の処理液を噴出接液させる既存の処理液噴出接液手段が備わっている場合、これらの手段を利用して簡単に、且つ迅速に膜厚の測定或いは膜の有無等の検出・観測が可能になる。

【0079】

【発明の効果】

以上、説明したように各請求項に記載の発明によれば、下記のような優れた効果が得られる。

【0080】

請求項1又は2に記載の発明によれば、基板の被測定面に当接する透光液流は長さが短い場合その径が略一定であり、被測定面上の測定スポットの大きさは、透光液流噴出端と被測定面との間隔に依存しないから、厳密な間隔制御が不要で精度の良い膜厚の測定ができる。特に円柱状の水や薬液等の透光液を研磨面に当接させるノズル等が既に構築されている場合は、この透光液流を利用して膜厚を測定できるから、装置の大きな改造を必要とすることなく、処理中の基板膜厚を

リアルタイムで測定することができる。

【0081】

請求項3に記載の発明によれば、光ファイバを通して基板の被測定面に光を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を光ファイバを通して受光するように構成するので、光ファイバの先端及び透光液流噴出端と被測定面との間隔の制御を必要としない。また、高精度に膜厚を測定できる。

【0082】

また、請求項4に記載の発明によれば、透光液ノズルと透光液受部は基板の被測定面を介して密封状態で連通しており、該透光液ノズルに送液管を接続すると共に、排液管には排液ポンプを接続したので、排液ポンプを運転することにより排液管内は減圧され、透光液は送液管を通して透光液ノズルに流れ、該透光液ノズルから柱状の透光液流となって基板の被測定面に当接し、透光液受部を経由して排液管に流れるから、加圧ポンプを設けることなく、基板膜厚測定のための柱状の透光液流を形成できる。同時に透光液受部に流れ込むスラリー等の異物は排液管を通して排出される。

【0083】

また、請求項5に記載の発明によれば、処理中の被処理基板の処理面に該基板膜厚測定装置の透光液流体を当接させ、該透光液流を通して処理面に光を照射すると共に、該処理面で反射される反射光を該透光液を通して受光するように構成したので、処理中の被処理基板の被測定面を何ら損傷させることなく、膜厚をリアルタイムで測定できる。また、膜厚を測定できるということは、当然CMPの一つの使用目的である表面層除去という加工において、表面層膜厚=0、つまり表面層除去終了情報をも得ることができる。

【0084】

また、請求項6に記載の発明によれば、回転テーブルはその外部に設けられた機構と光学的接続がなされたまま機械的に分離することができ、回転テーブルの外部に設けた光学系を回転テーブルに設けた光学系に同期させる必要がなく、構成が簡単になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例を示す図である。

【図 2】

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例を示す図である。

【図 3】

本発明に係る基板膜厚測定装置の測定演算部の構成例を示す図である。

【図 4】

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例を示す図である。

【図 5】

本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フローを示す図である。

【図 6】

本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フローを示す図である。

【図 7】

本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フローを示す図である。

【図 8】

本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フローを示す図である。

【図 9】

本発明に係る基板膜厚測定装置の測定演算部の構成例を示す図である。

【図 1 0】

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例を示す図である。

【図 1 1】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図である。

【図 1 2】

図 1 1 の Y - Y 矢視を示す図である。

【図 1 3】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図である。

【図 1 4】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図である。

【図 1 5】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図である。

【図 1 6】

図 1 5 の Y - Y 矢視図である。

【図 1 7】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図（図 1 5 の Y - Y 矢視図に相当）である。

【図 1 8】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図（図 1 5 の Y - Y 矢視図に相当）である。

【図 1 9】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図である。

【図 2 0】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図である。

【図 2 1】

被測定膜がある部分とない部分の分光反射率比と被測定膜の分光反射率比を示す図である。

【図 2 2】

膜厚に対する分光反射率比の理論値と実測値の評価関数を示す図である。

【図 2 3】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板洗浄装置の構成例を示す図である。

【図 2 4】

図 2 3 に示す基板洗浄装置の洗浄液ノズルの内部の構成を示す図である。

【図 2 5】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板洗浄装置の構成例を示す図である。

【図 2 6】

本発明に係る基板処理装置の構成例を示す図である。

【符号の説明】

1	基板
2	薄膜
3	測定スポット
4	水流
5	水噴出用ノズル
6	加圧水流
7	照射用ファイバ
8	受光用ファイバ
9	測定演算部
10	ハロゲン光源
11	第1のレンズ
12	第2のレンズ
13	回折格子
14	CCDラインセンサ
15	A/D変換器
16	演算器
17	光強度検出素子
18	A/D変換器
20	レンズ
21	ハロゲン光源
22	レンズ
23	ビームスプリッタ
24	レンズ

2 5	レンズ
2 6	受光部
3 0	ターンテーブル
3 1	研磨布
3 2	トップリング
3 3	被研磨基板
3 4	ガイドリング
3 5	水受皿
3 6	加圧水流パイプ
3 7	排水パイプ
3 8	排水用部材
3 9	照射／受光合成ファイバ
4 0	ビームスプリッタ
4 1	レンズ
4 2	レンズ
4 3	レンズ
4 4	照射用ファイバ
4 5	受光用ファイバ
5 1	基板
5 2	基板保持機構
5 3	基板保持部材
5 5	洗浄具
5 6	回転軸
5 7	アーム
5 8	洗浄部材
5 9	洗浄液ノズル
6 0	照射用ファイバ
6 1	受光用ファイバ
6 2	測定演算部

6 3	支持軸
6 4	測定スポット
6 5	洗浄液流
6 6	洗浄具
6 7	洗浄部材
6 8	回転コマ
6 9	スピンドル
7 0	洗浄液ポンプ
7 1	送水パイプ
7 2	回転接続機構
7 3	水タンク
7 4	回転接続機構
7 5	排水ポンプ
8 1	光源
8 2	第 1 レンズ
8 3	ビームスプリッタ
8 4	窓
8 5	ミラー
8 6	第 3 レンズ
8 7	第 2 レンズ
8 8	検出器
8 9	土手
9 0	光源
9 1	第 1 レンズ
9 2	ビームスプリッタ
9 3	窓
9 4	第 1 ミラー
9 5	第 2 ミラー
9 6	第 2 レンズ

9 7

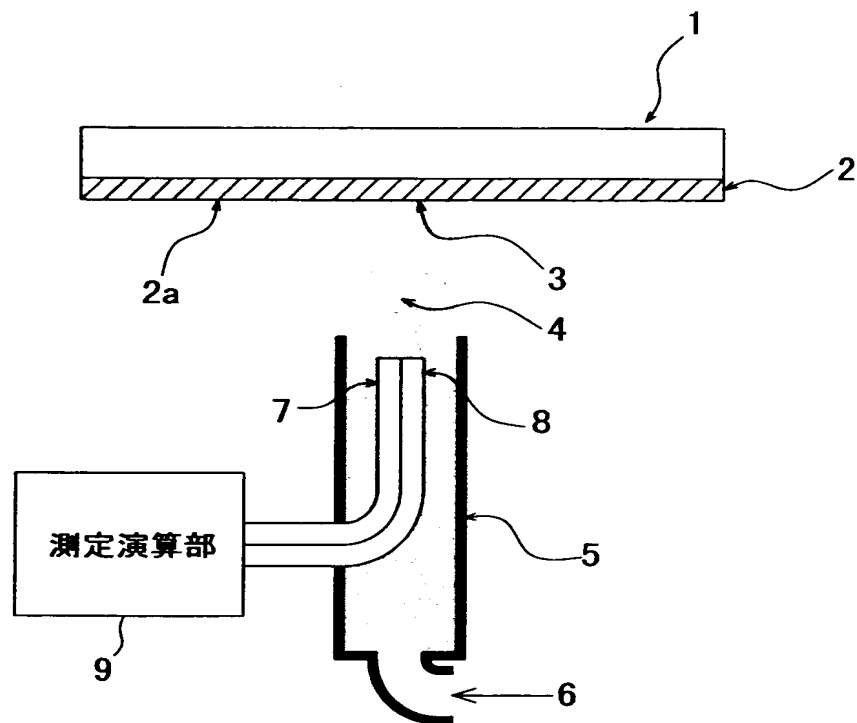
窓

9 8

C C D カメラ

【書類名】 図面

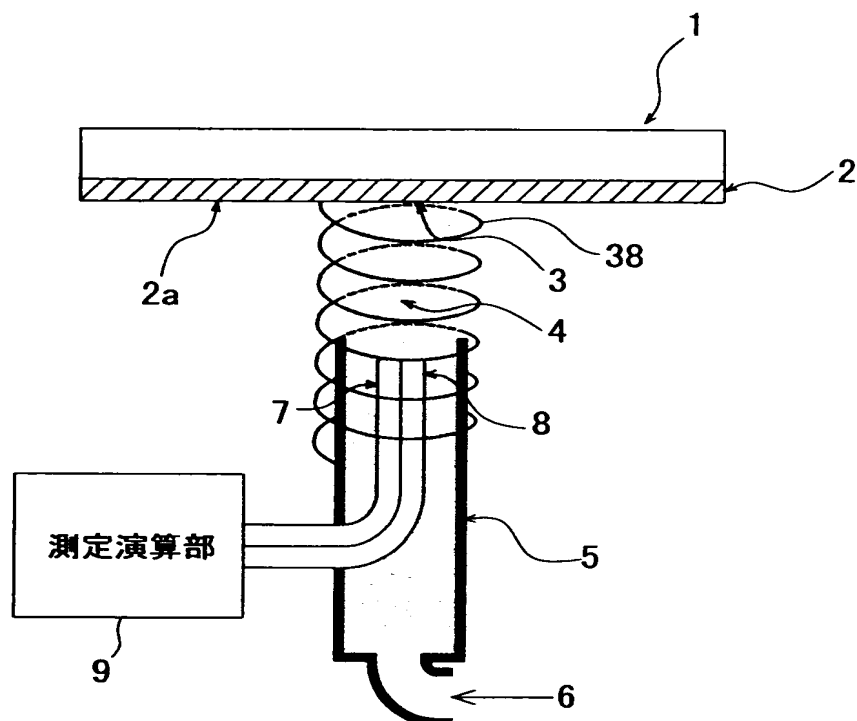
【図 1】



- 1: 基板
- 2: 薄膜
- 3: 測定スポット
- 4: 水流
- 5: 水噴出用ノズル
- 6: 加圧水流
- 7: 照射用ファイバ
- 8: 受光用ファイバ
- 9: 測定演算部

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例

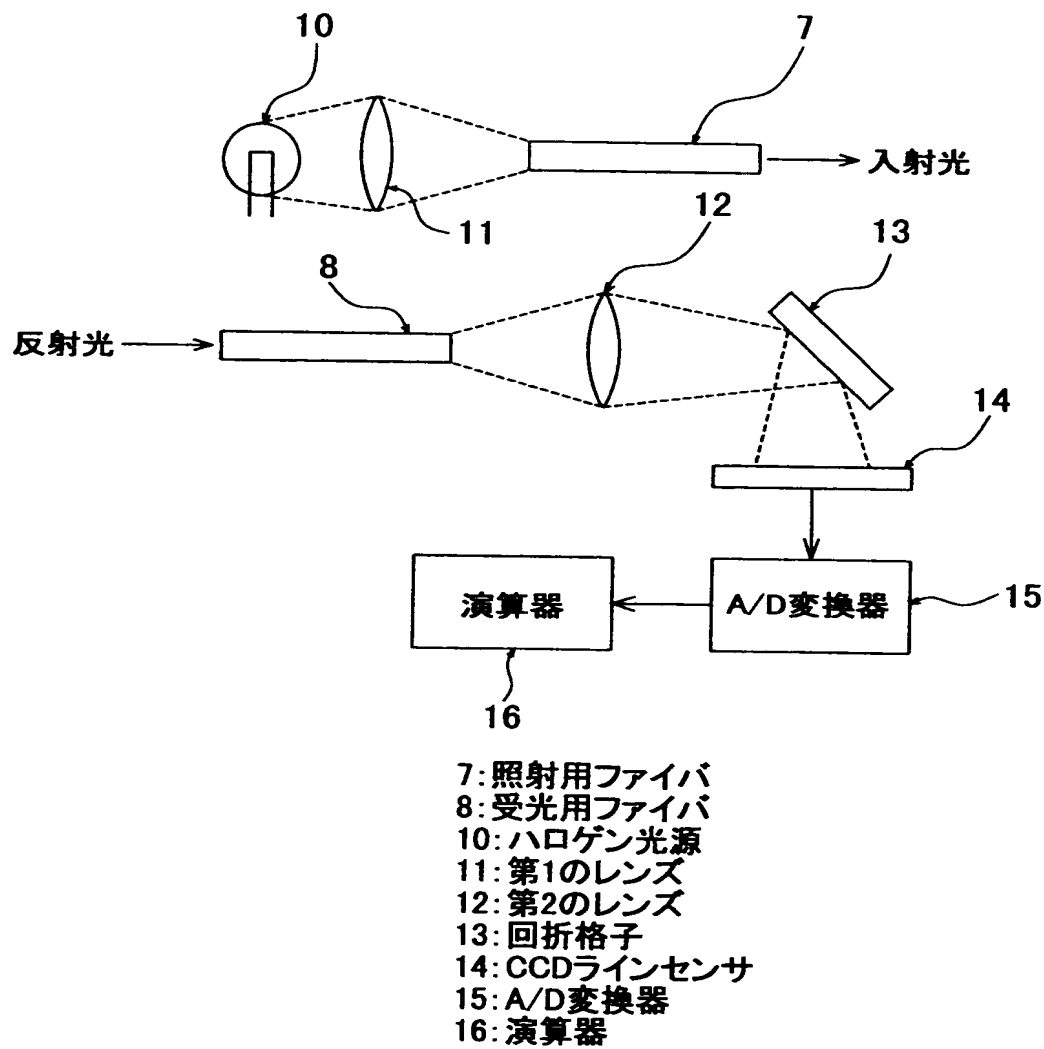
【図 2】



- 1: 基板
- 2: 薄膜
- 3: 測定スポット
- 4: 水流
- 5: 水噴出用ノズル
- 6: 加圧水流
- 7: 照射用ファイバ
- 8: 受光用ファイバ
- 9: 測定演算部
- 38: 排水用部材

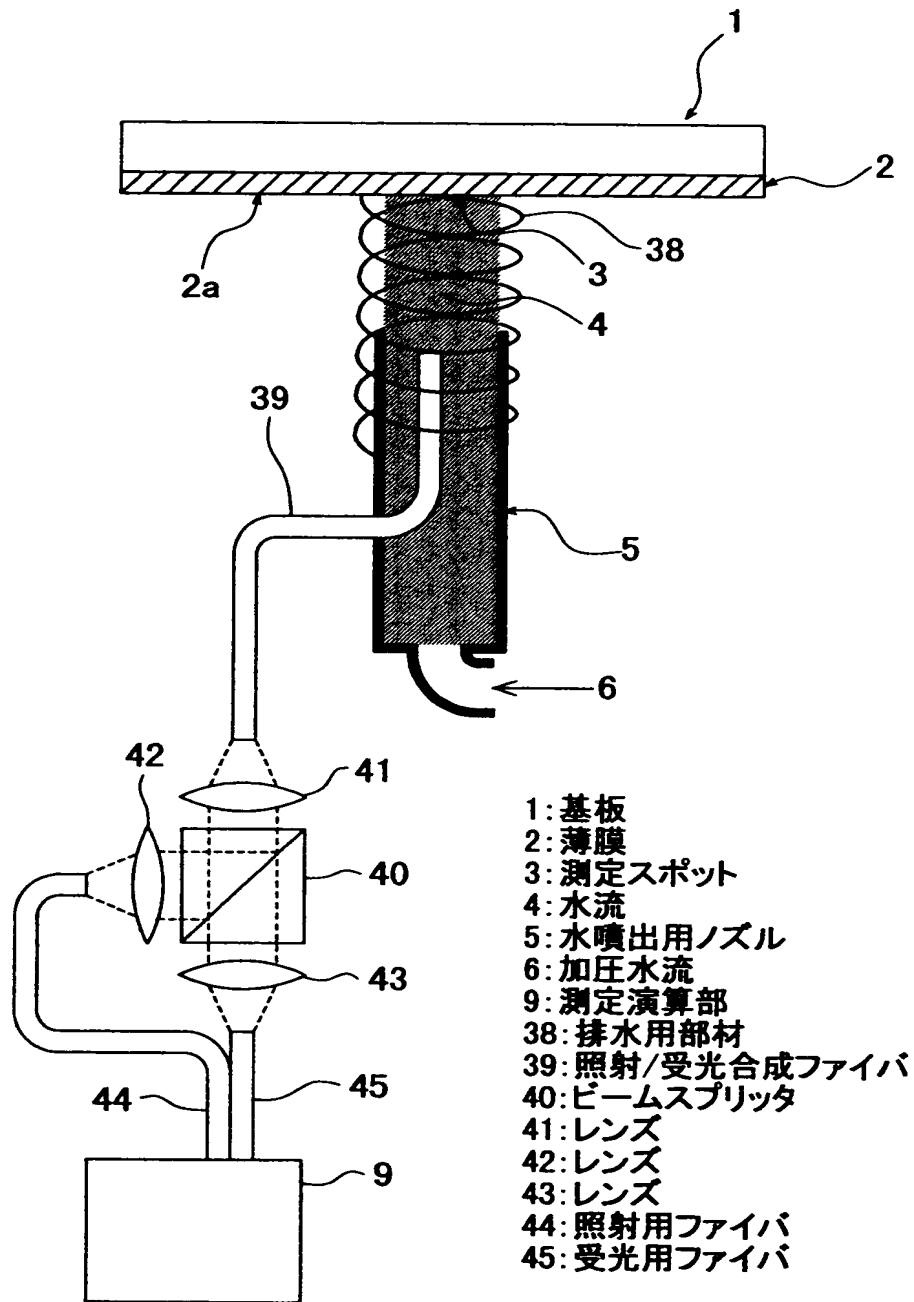
本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例

【図 3】



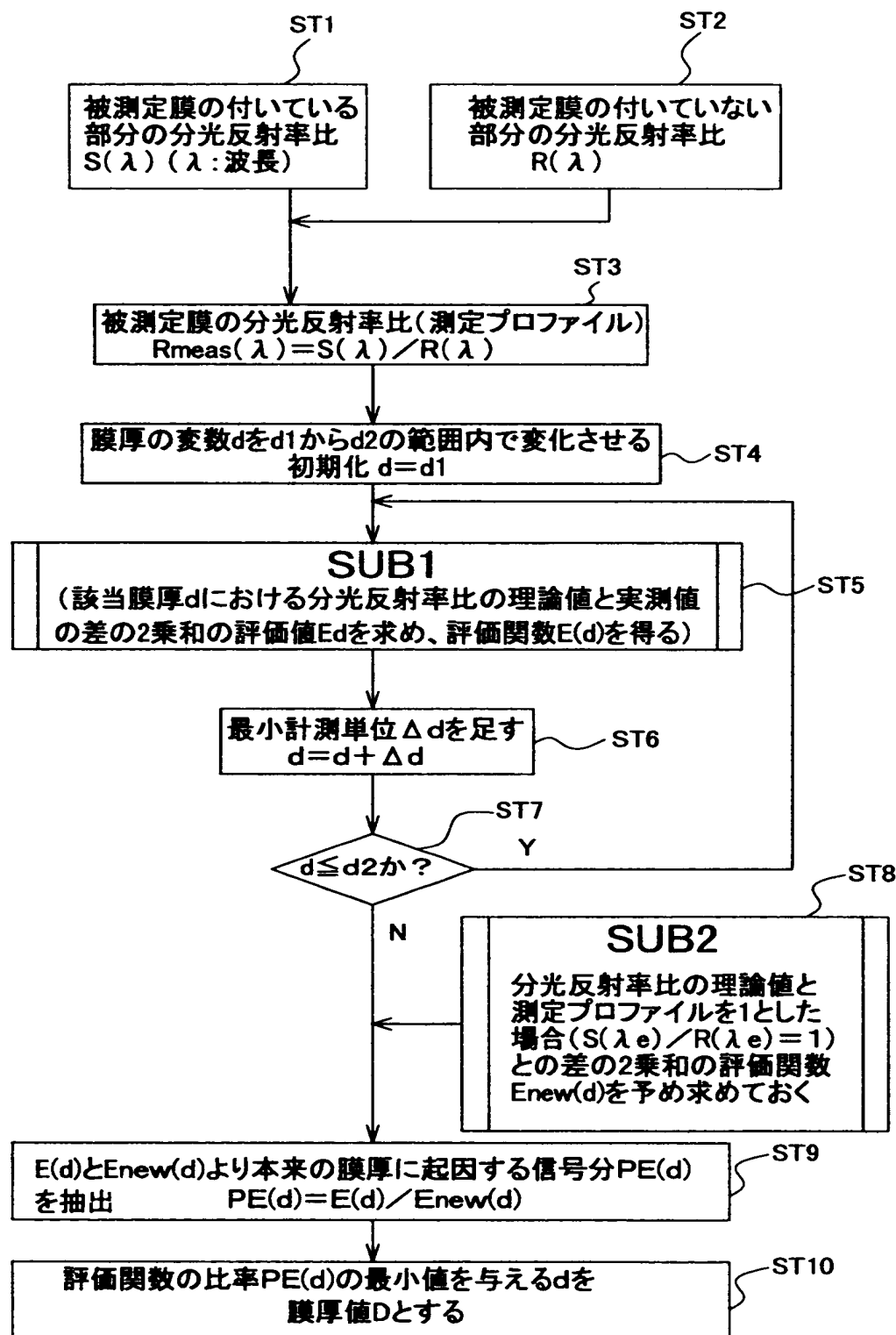
本発明に係る基板膜厚測定装置の測定演算部の構成例

【図4】



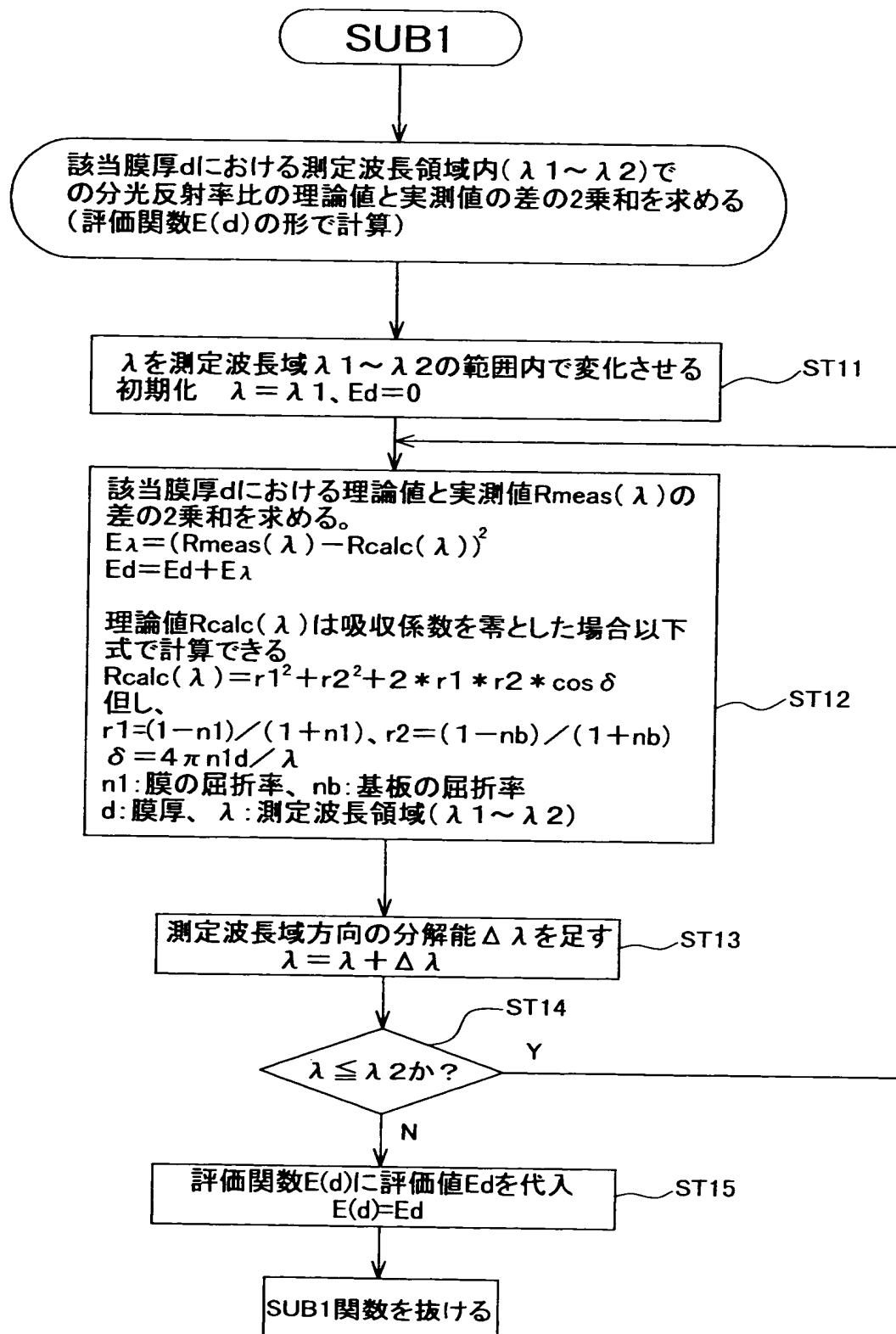
本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例

【図 5】



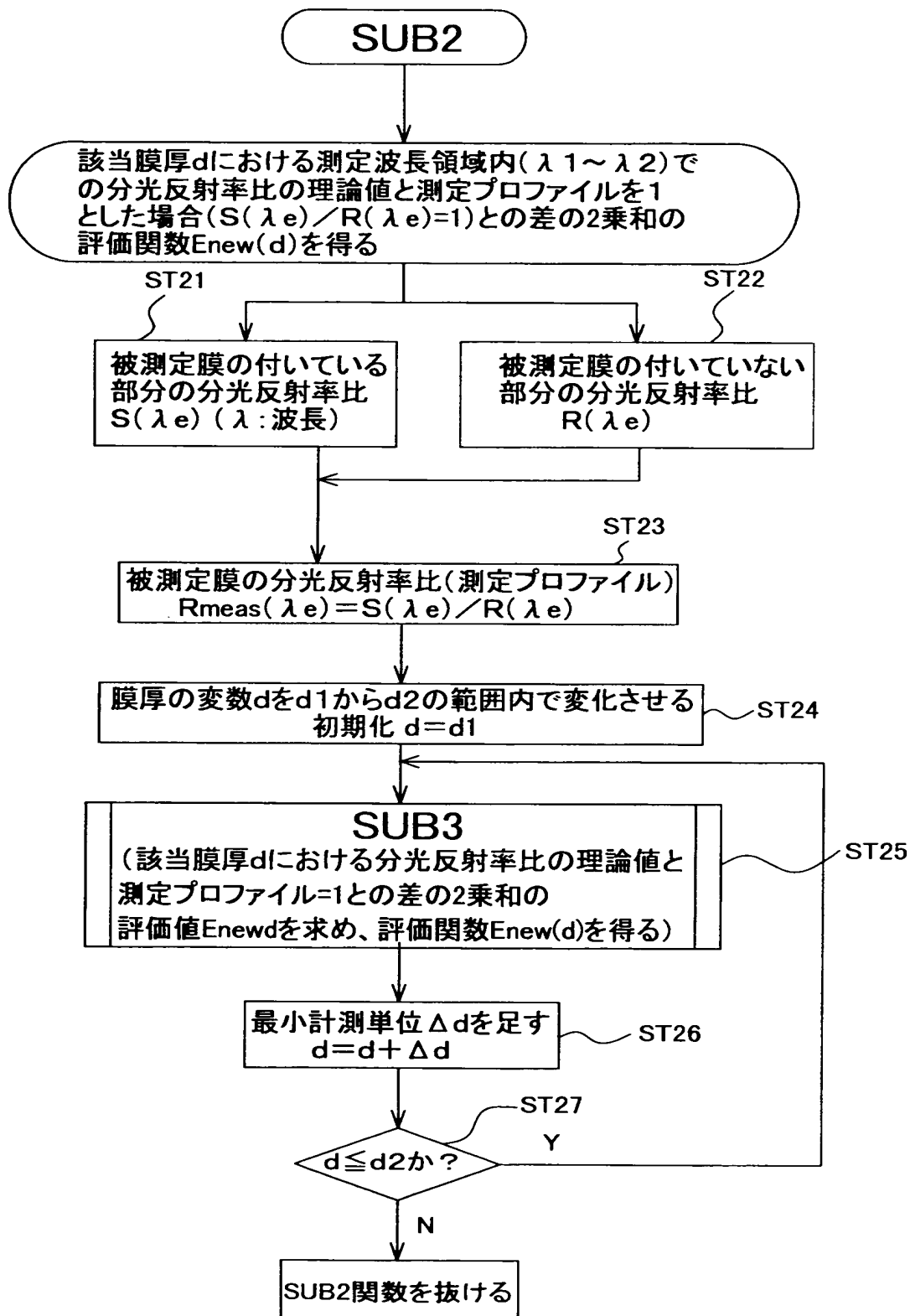
本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フロー

【図6】



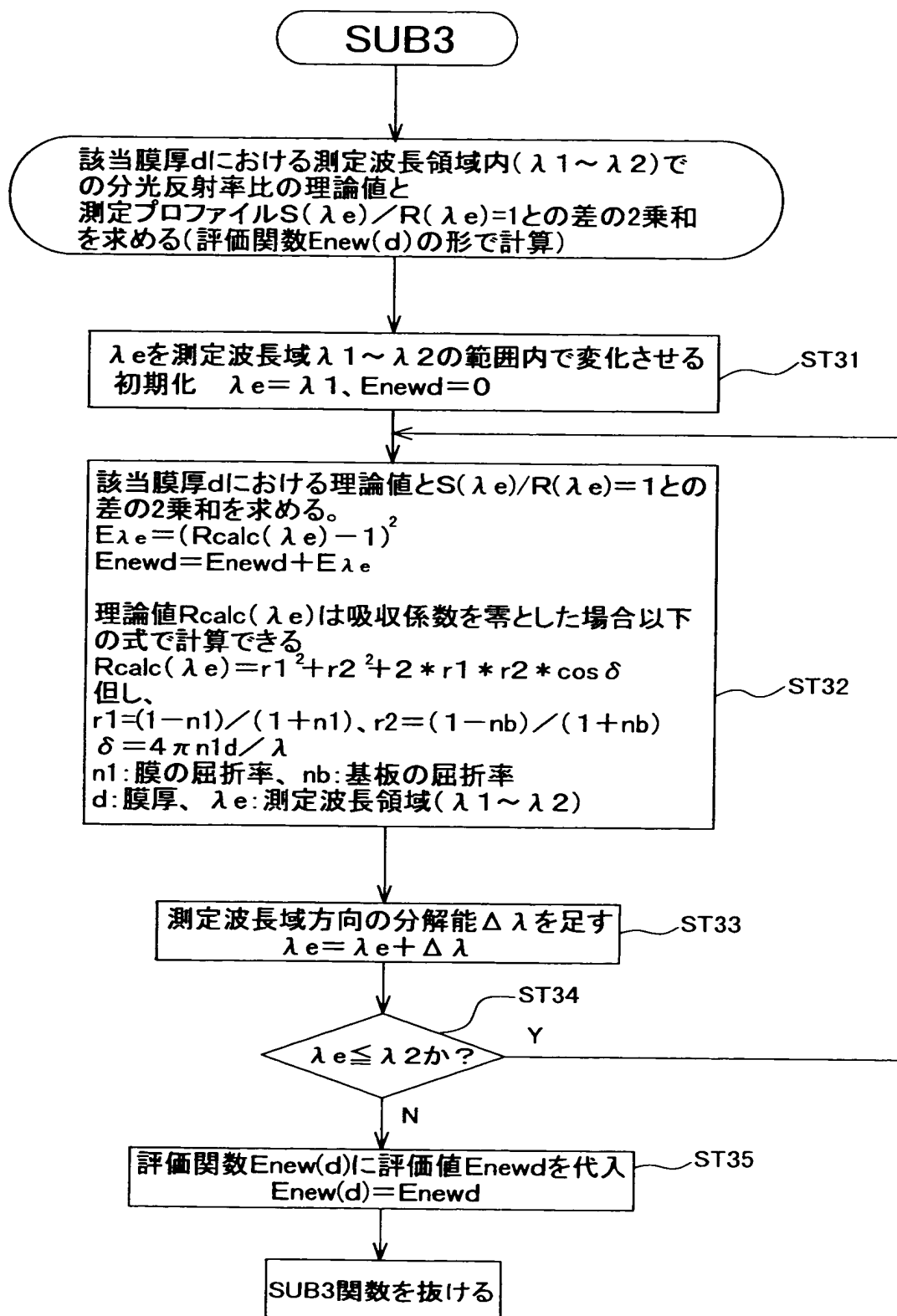
本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フロー

【図 7】



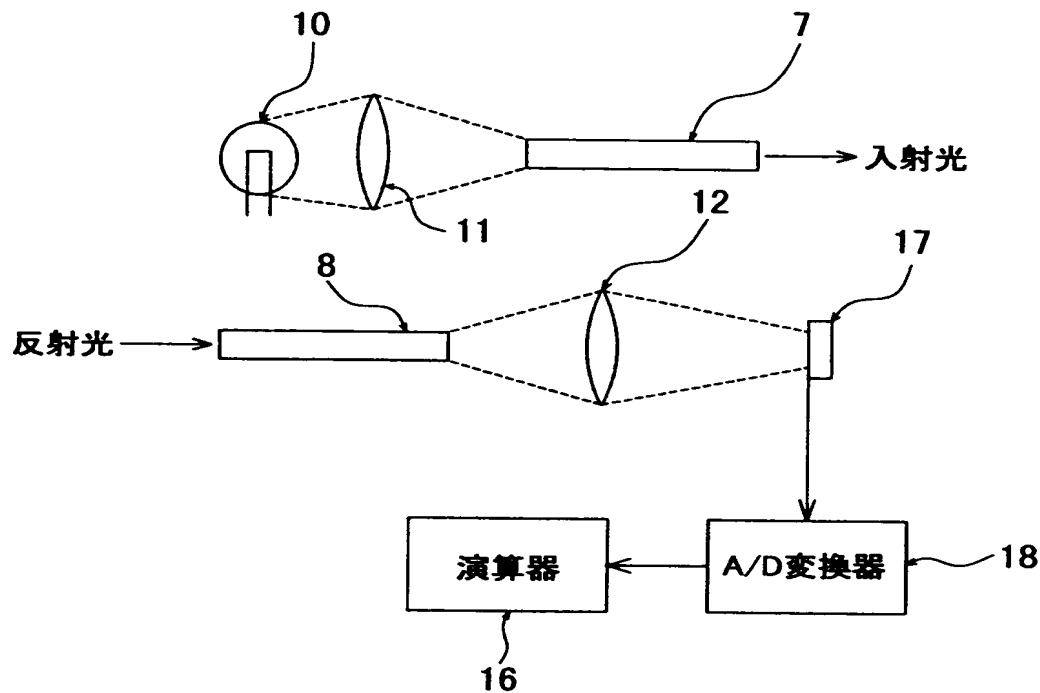
本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フロー

【図 8】



本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フロー

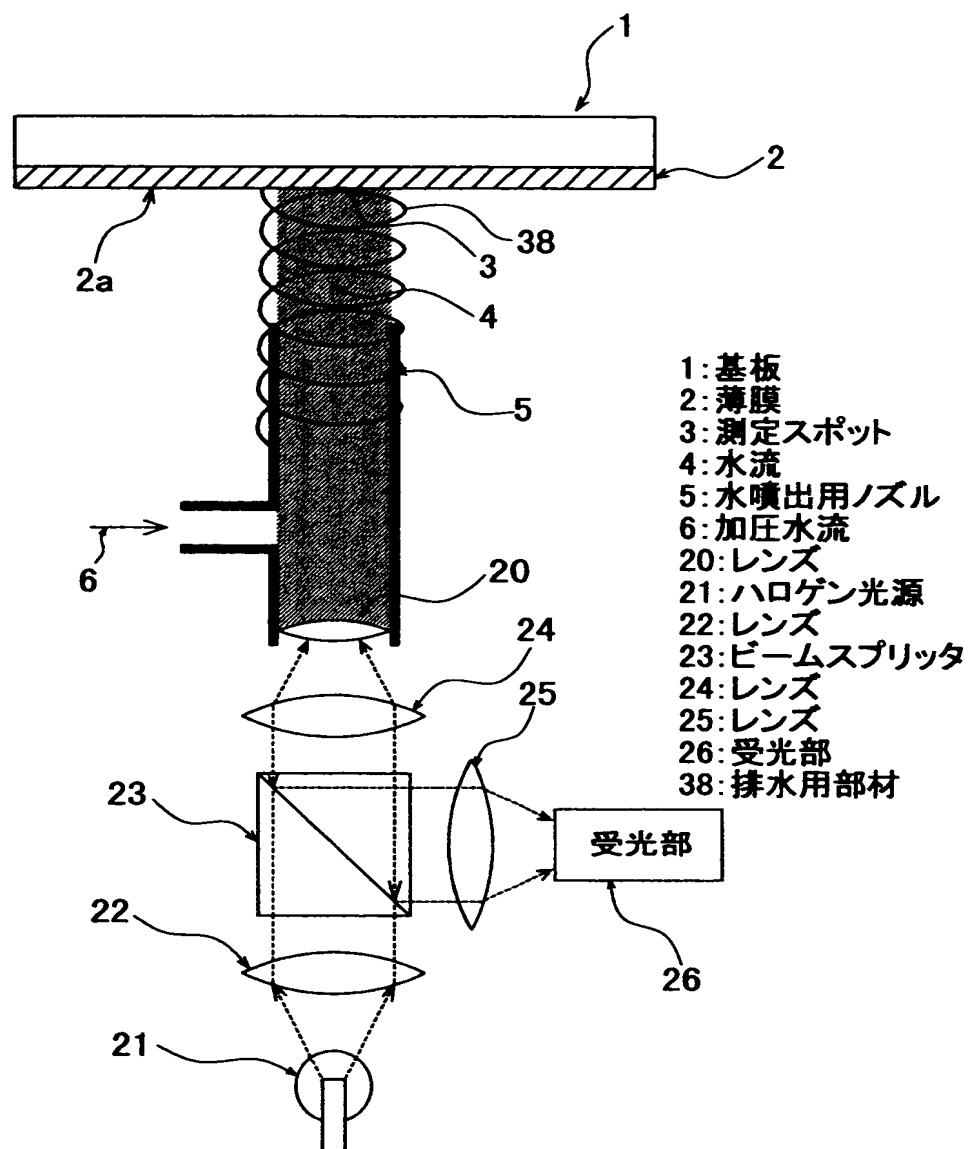
【図 9】



- 7: 照射用ファイバ
- 8: 受光用ファイバ
- 10: ハロゲン光源
- 11: 第1のレンズ
- 12: 第2のレンズ
- 16: 演算器
- 17: 光強度検出素子
- 18: A/D変換器

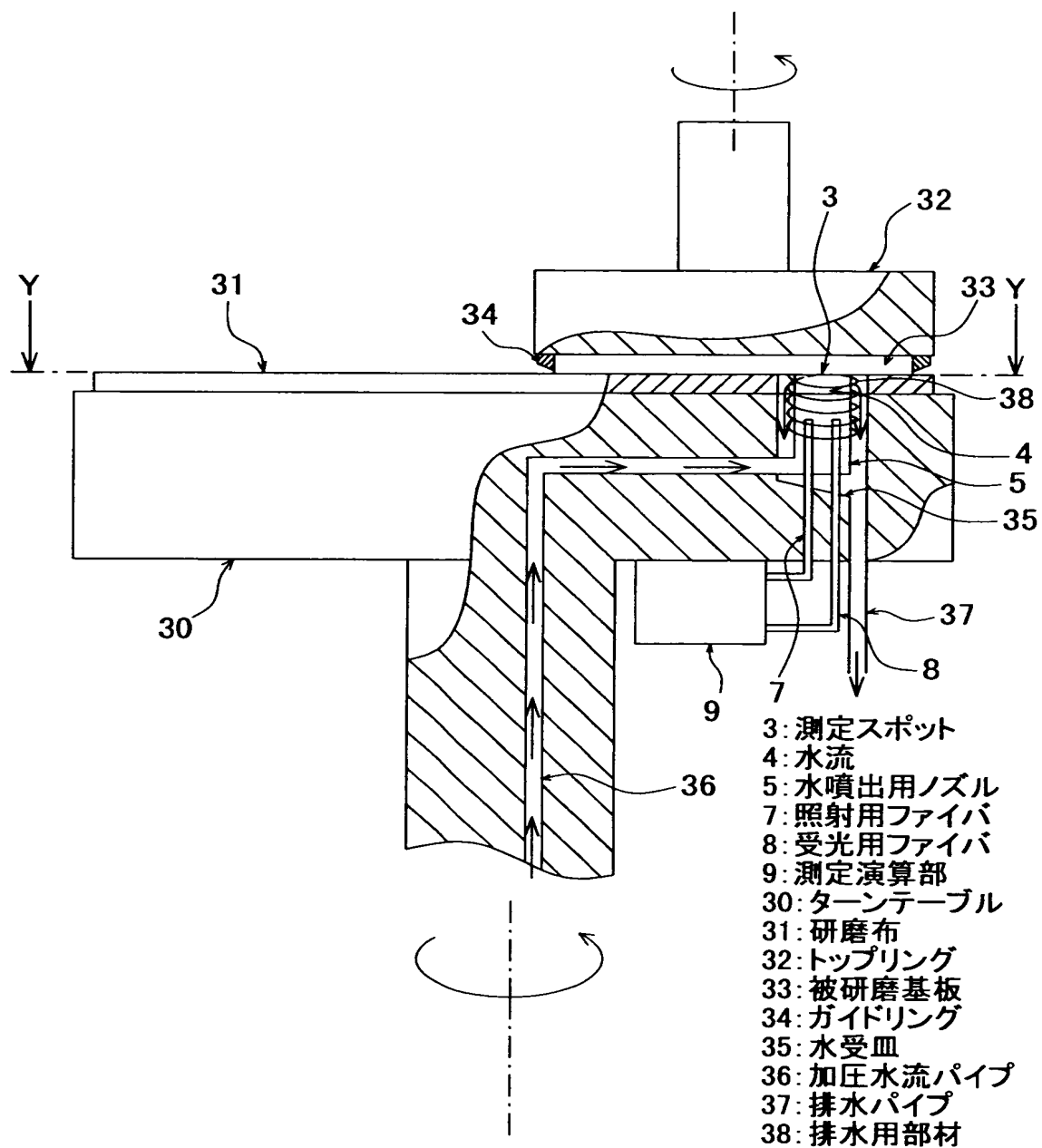
本発明に係る基板膜厚測定装置の測定演算部の構成例

【図 1 0】



本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例

【図 1 1】



本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図 1 2】

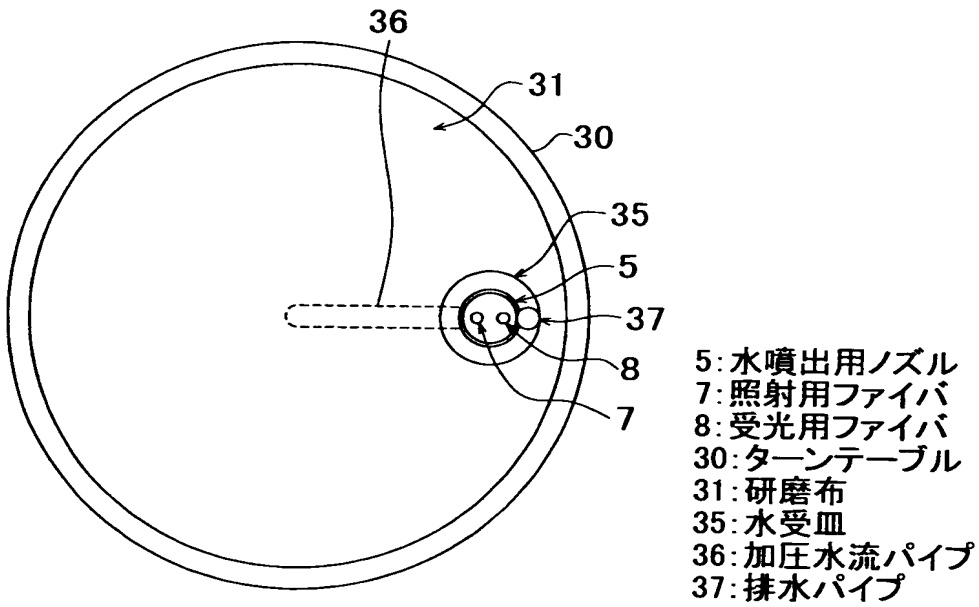
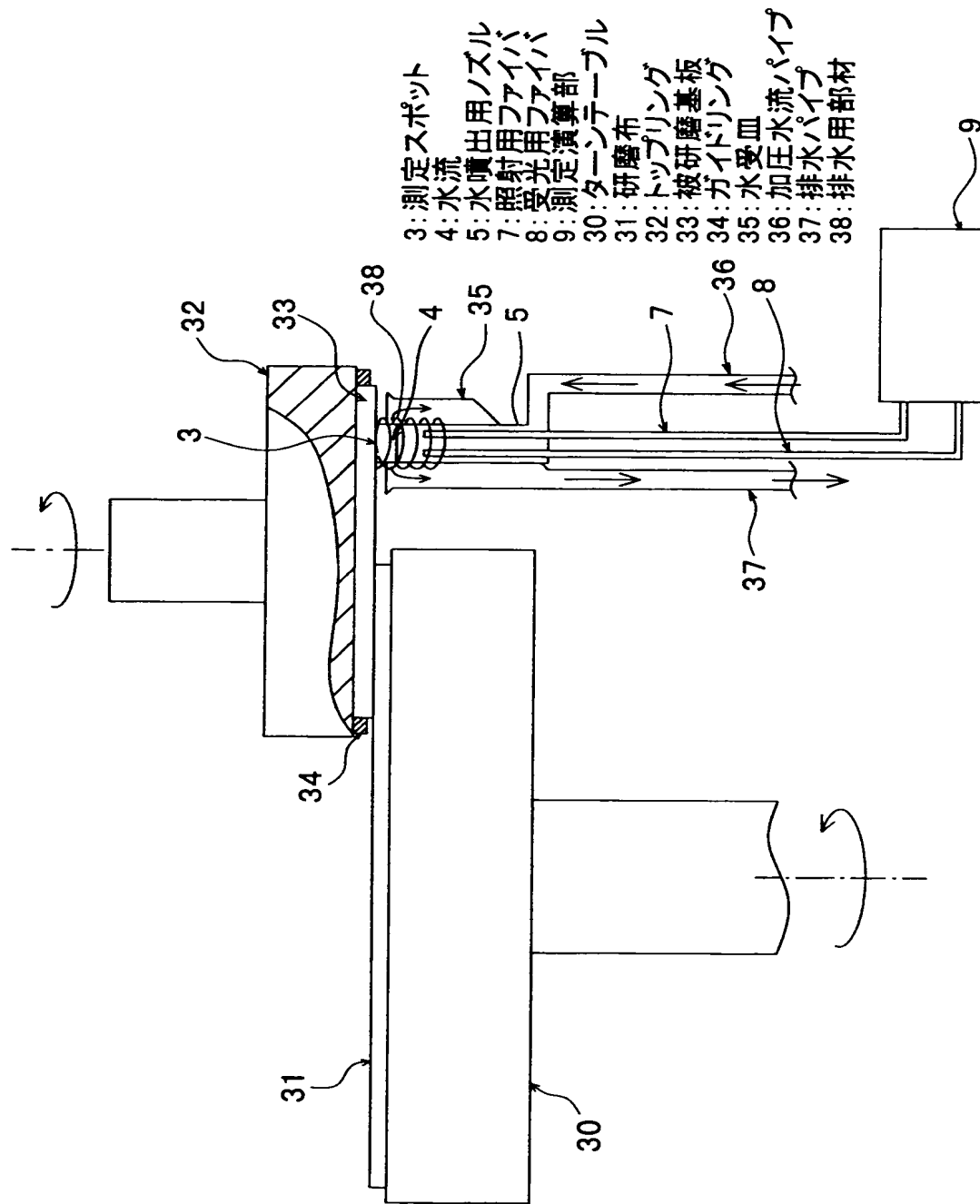


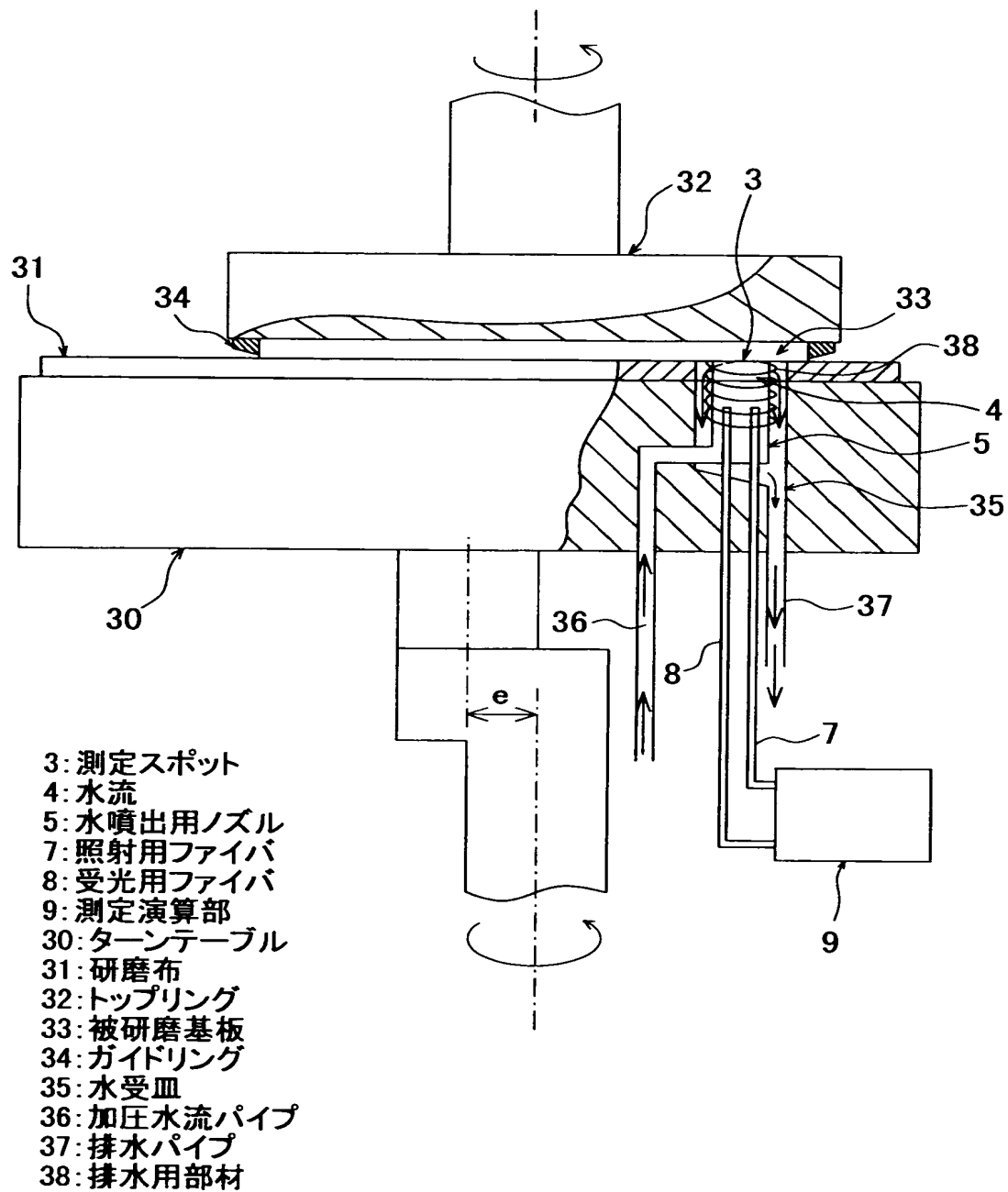
図11のY-Y矢視図

【図13】



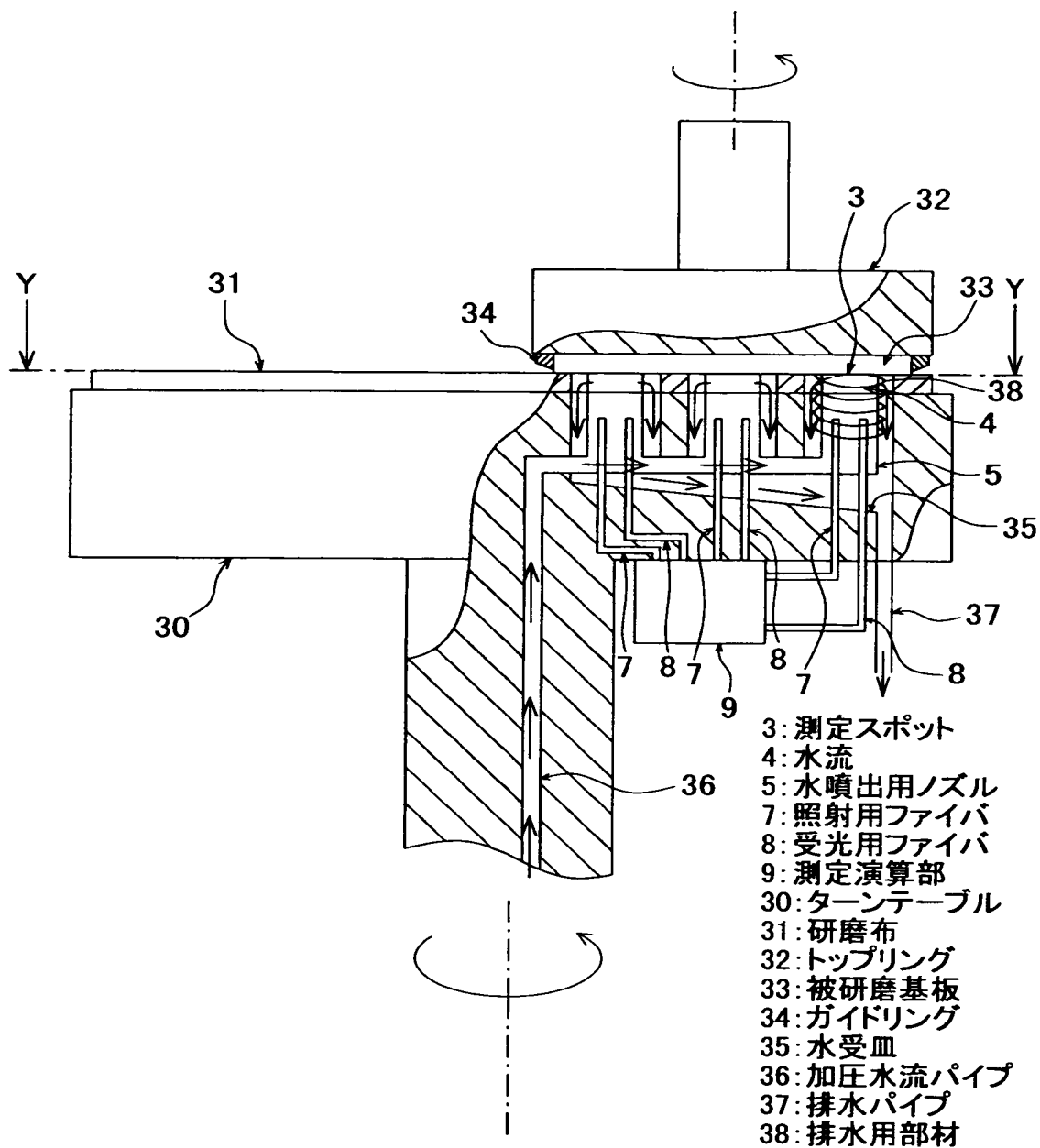
本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図14】



本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図15】



本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図16】

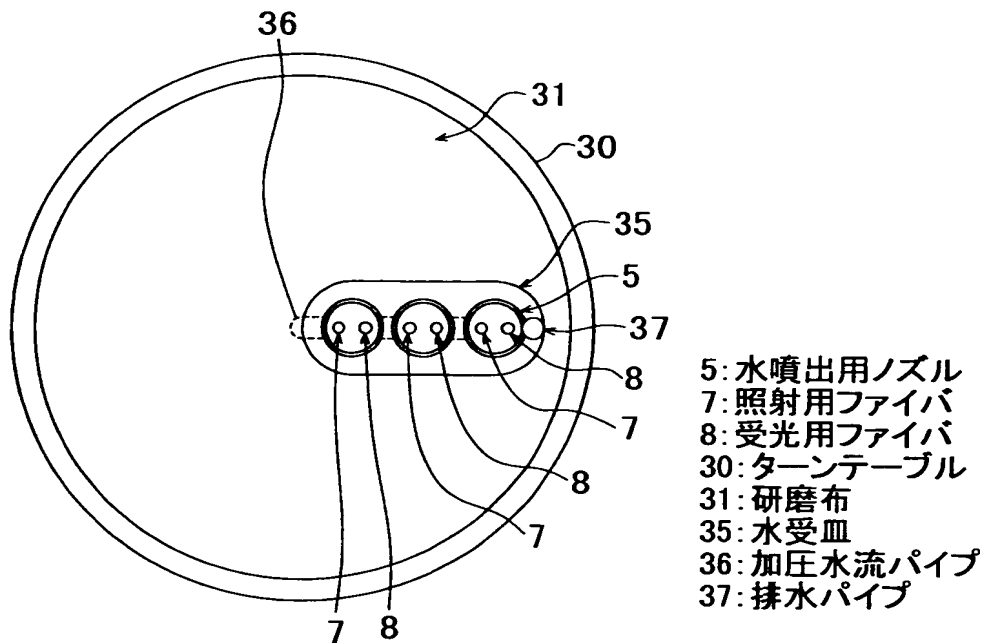
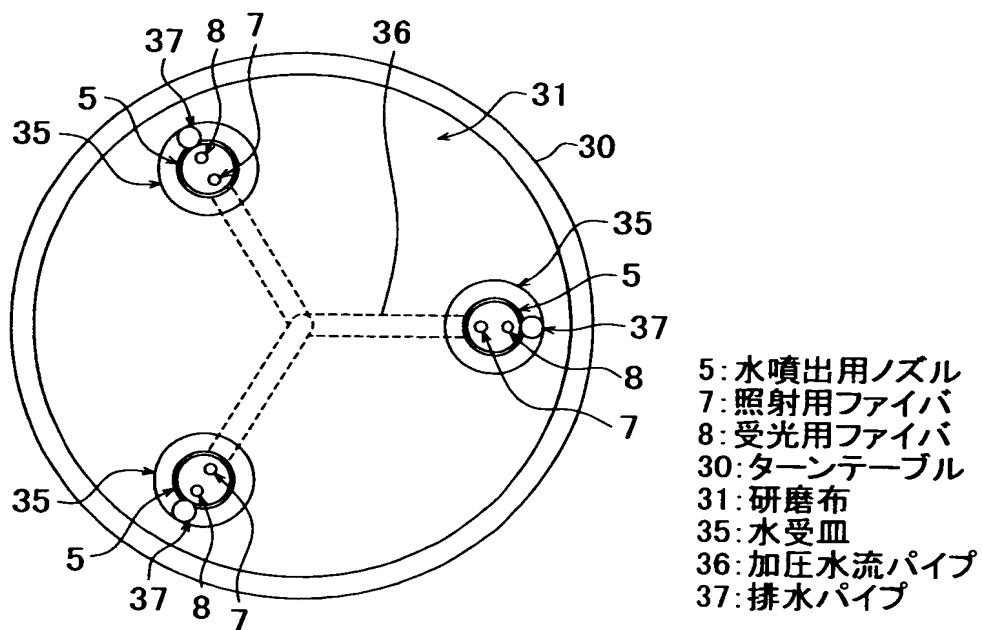


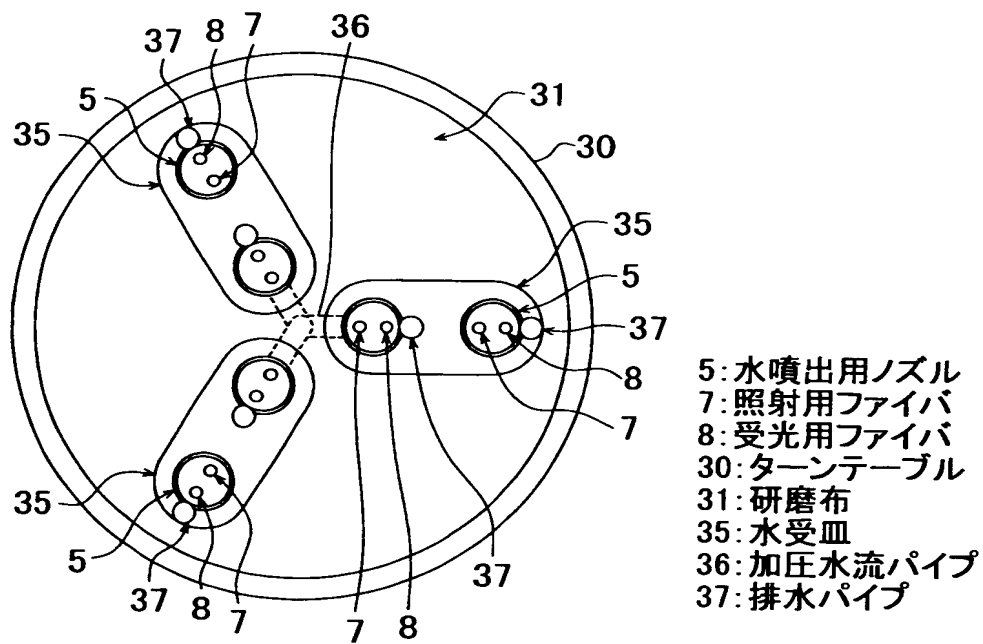
図15のY-Y矢視図

【図17】



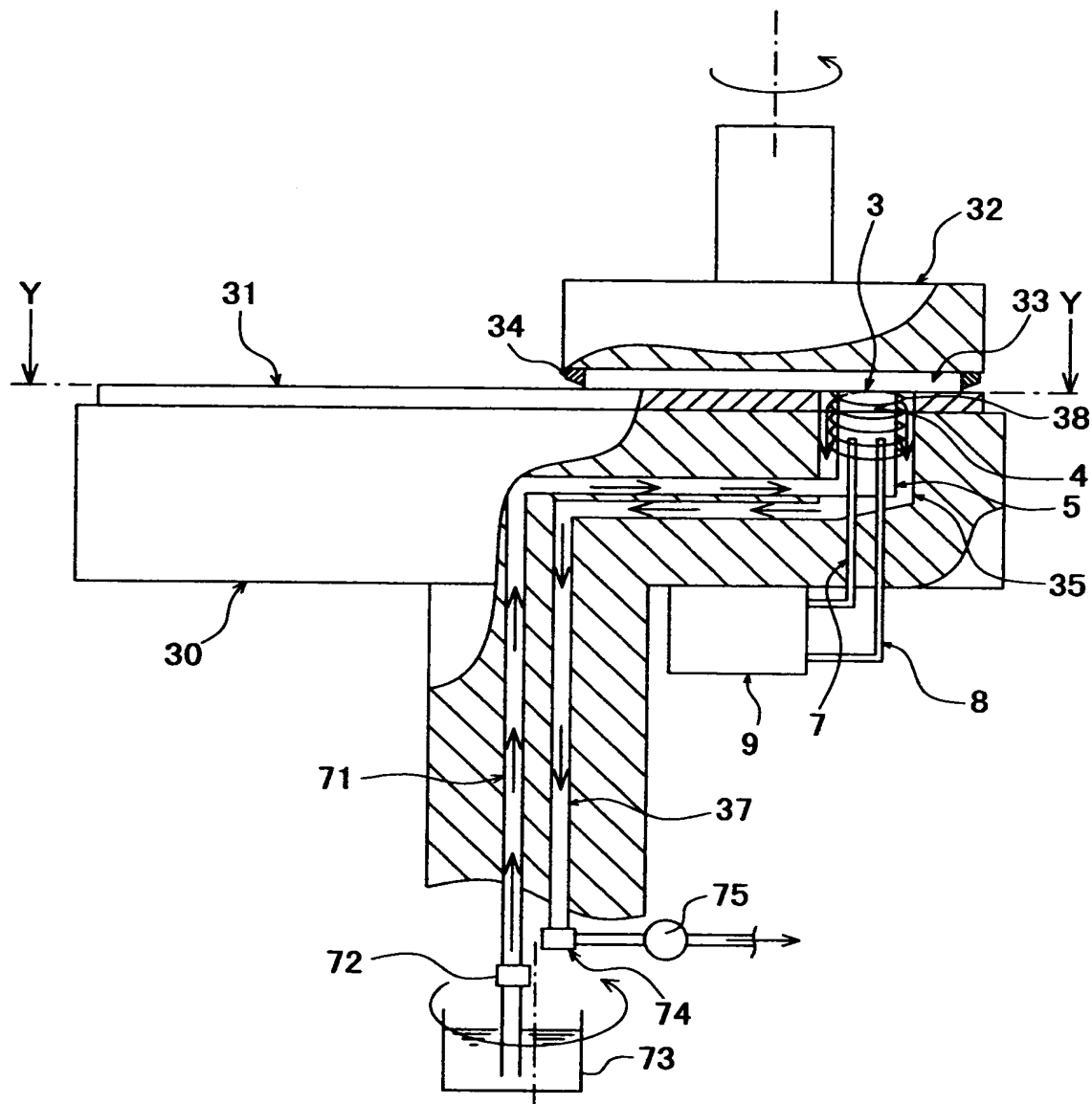
本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図18】



本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

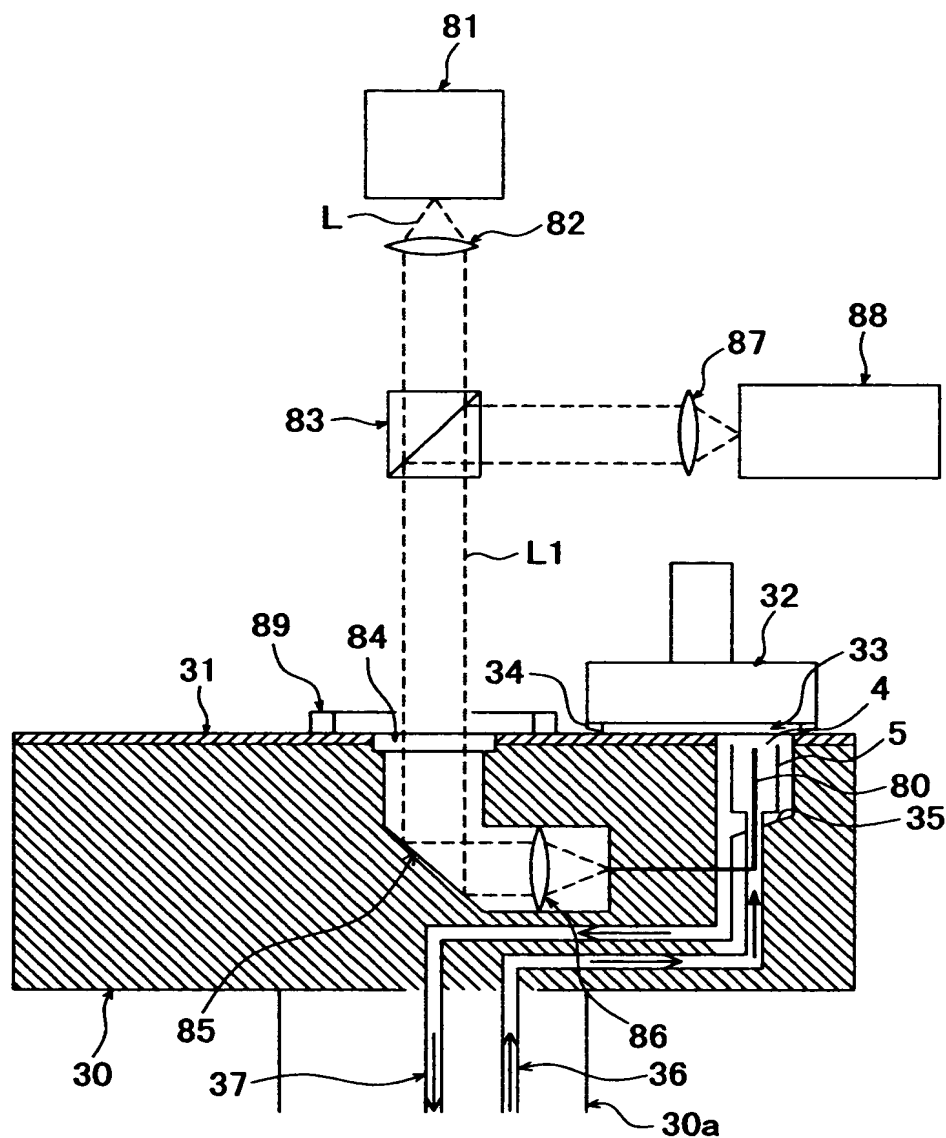
【図19】



- | | |
|-------------|------------|
| 3: 測定スポット | 34: ガイドリング |
| 4: 水流 | 35: 水受皿 |
| 5: 水噴出用ノズル | 37: 排水パイプ |
| 7: 照射用ファイバ | 38: 排水用部材 |
| 8: 受光用ファイバ | 71: 送水パイプ |
| 9: 測定演算部 | 72: 回転接続機構 |
| 30: ターンテーブル | 73: 水タンク |
| 31: 研磨布 | 74: 回転接続機構 |
| 32: トップリング | 75: 排水ポンプ |
| 33: 被研磨基板 | |

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

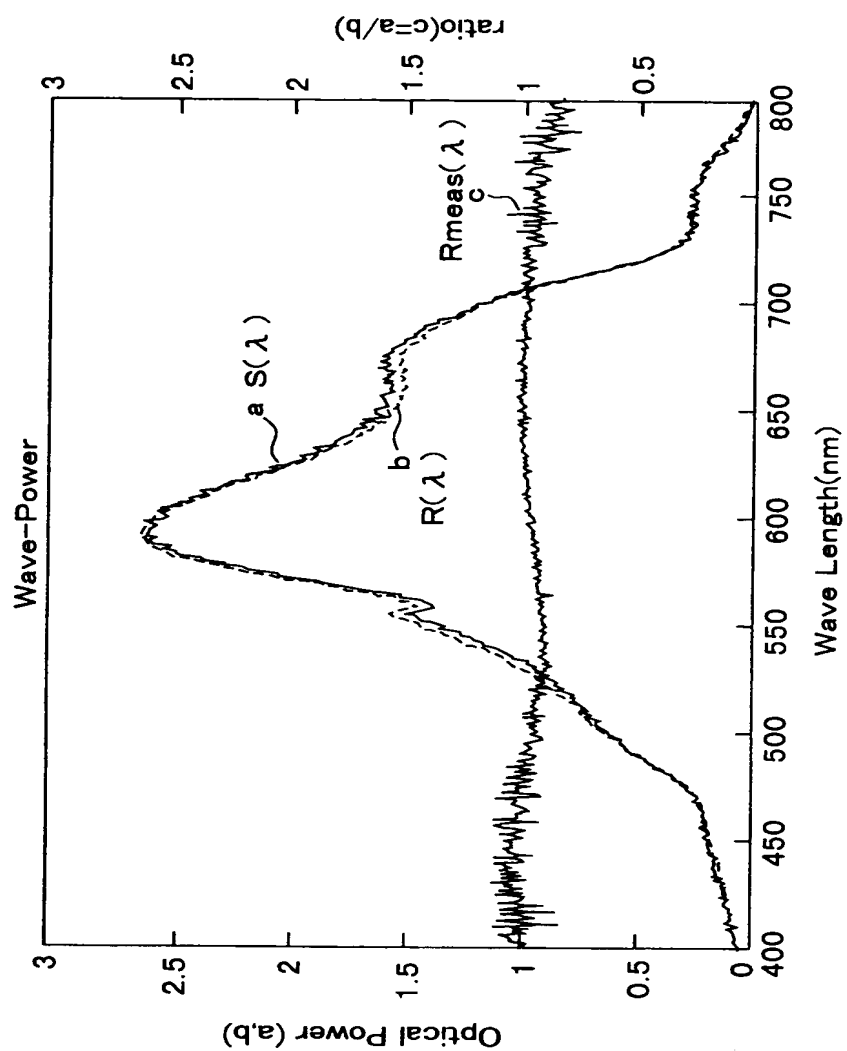
【図20】



- | | |
|-------------|--------------|
| 4: 水流 | 82: 第1レンズ |
| 5: 水噴出用ノズル | 83: ビームスプリッタ |
| 30: ターンテーブル | 84: 窓 |
| 32: トップリング | 85: ミラー |
| 33: 被研磨基板 | 86: 第3レンズ |
| 34: ガイドリング | 87: 第2レンズ |
| 35: 水受皿 | 88: 検出器 |
| 36: 加圧水流パイプ | 89: 土手 |
| 37: 排水パイプ | |
| 81: 光源 | |

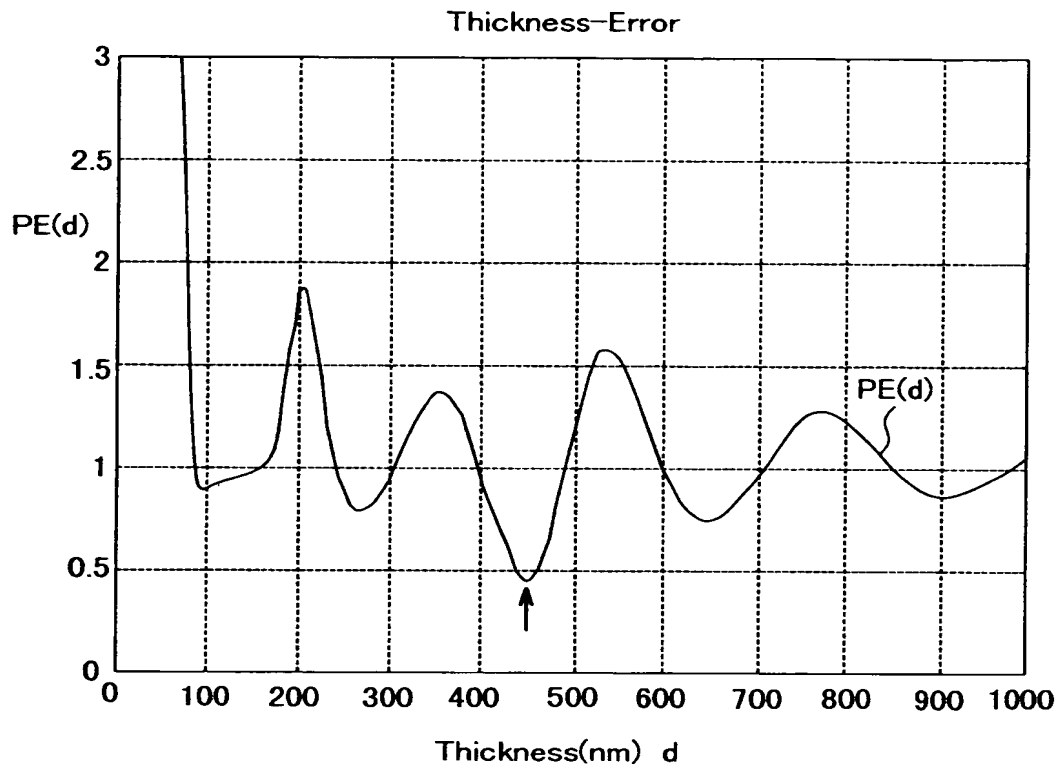
本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図 21】



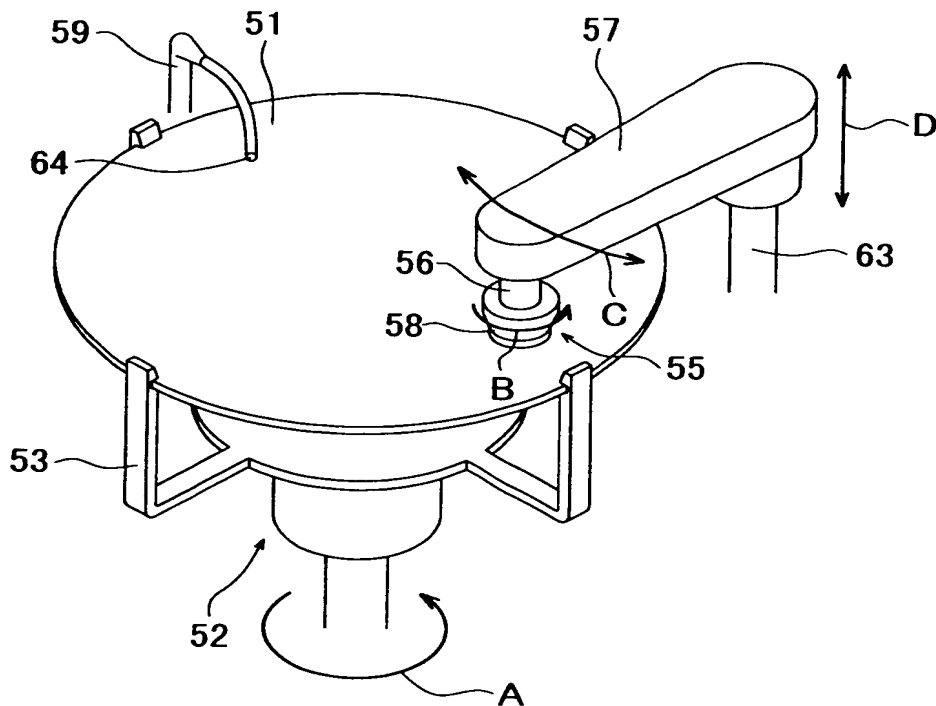
光波長に対する被測定膜がある部分とない部分の分光反射率比と被測定膜の分光反射率比

【図 2 2】



膜厚に対する分光反射率比の理論値と実測値の評価関数

【図 2 3】



- | | |
|------------|------------|
| 51: 基板 | 57: アーム |
| 52: 基板保持機構 | 58: 洗浄部材 |
| 53: 基板保持部材 | 59: 洗浄液ノズル |
| 55: 洗浄具 | 63: 支持軸 |
| 56: 回転軸 | 64: 測定スポット |

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板洗浄装置の構成例

【図 2 4】

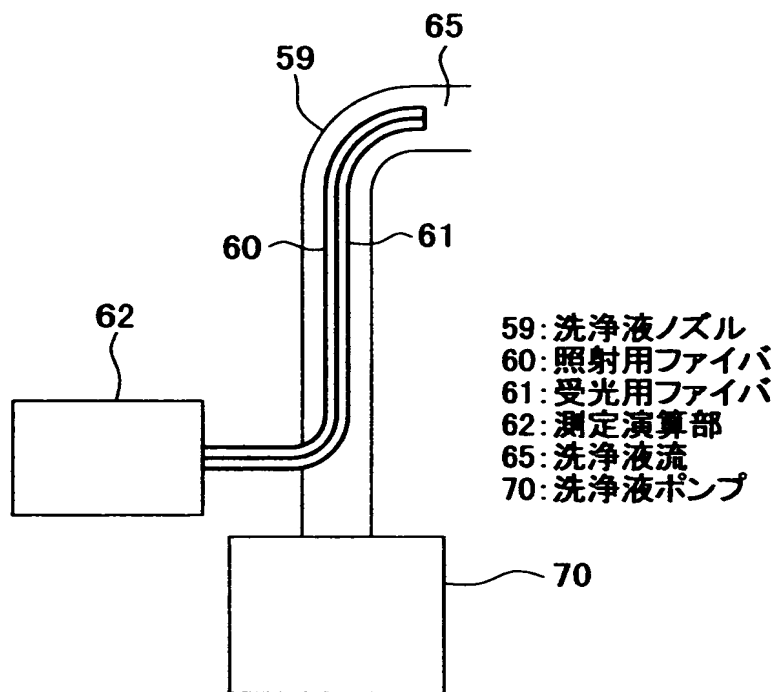
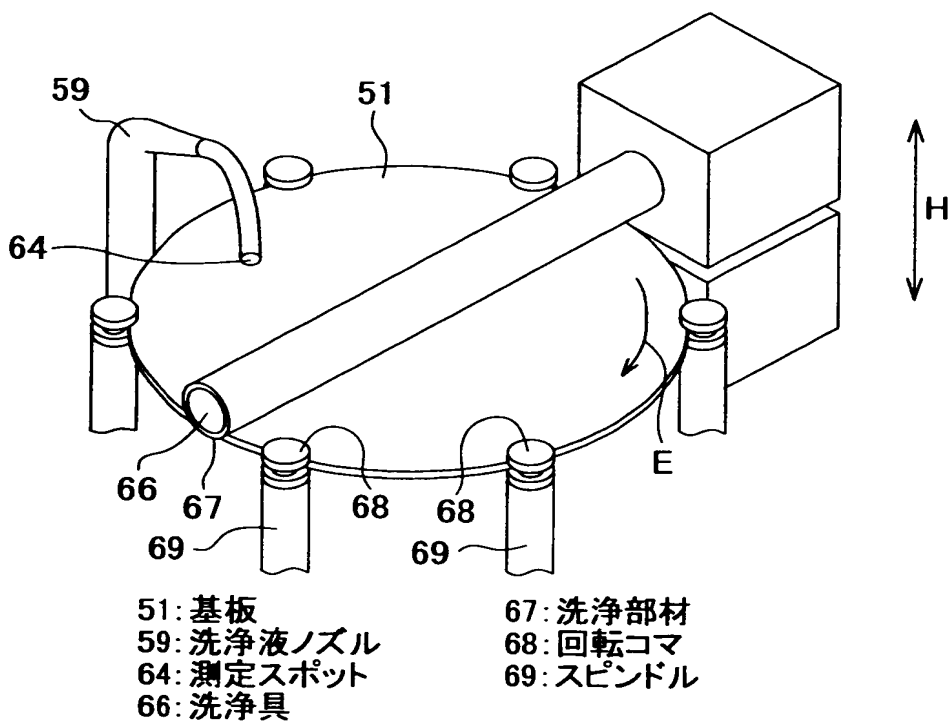


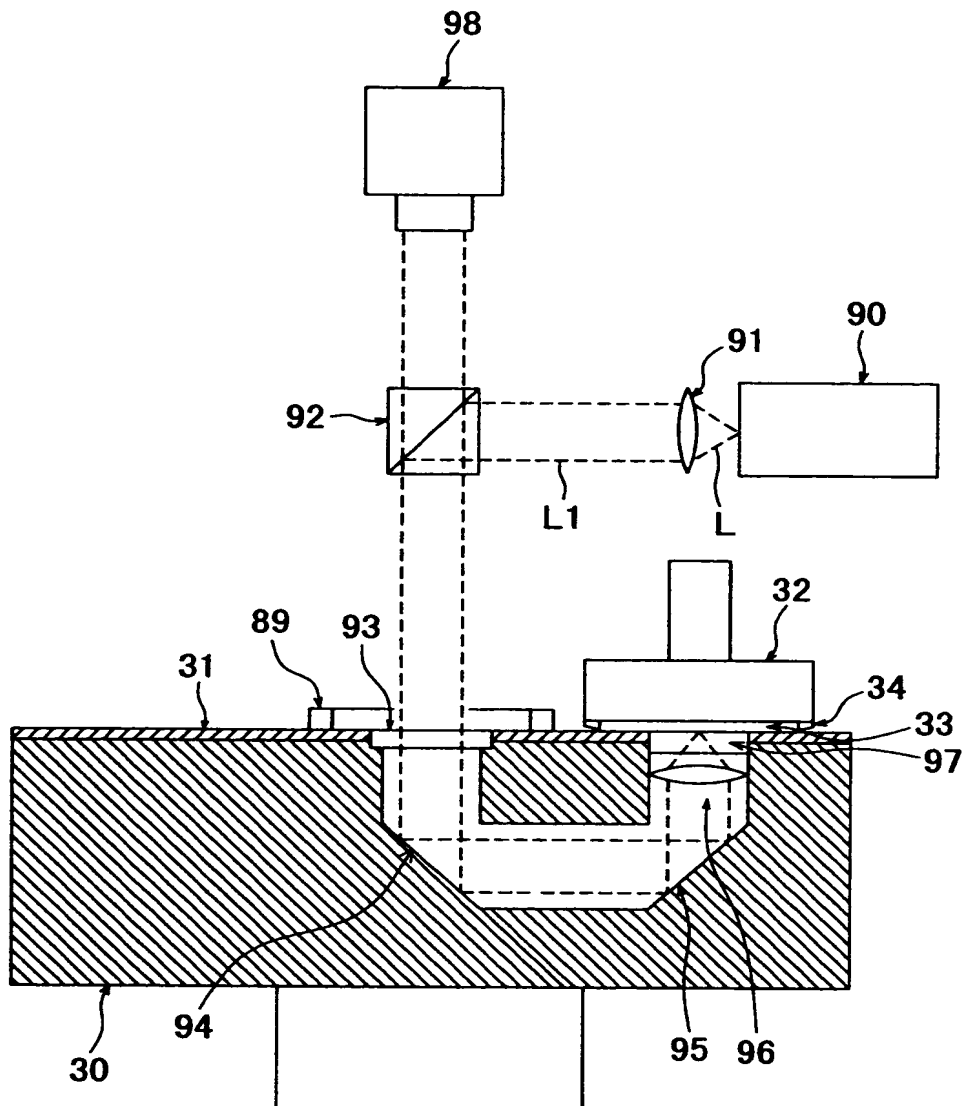
図23に示す基板洗浄装置の洗浄液ノズルの内部の構成

【図 2 5】



本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板洗浄装置の構成例

【図 2 6】



- | | |
|------------|-------------|
| 30:ターンテーブル | 92:ビームスプリッタ |
| 31:研磨布 | 93:窓 |
| 32:トップリング | 94:第1ミラー |
| 33:被研磨基板 | 95:第2ミラー |
| 34:ガイドリング | 96:第2レンズ |
| 89:土手 | 97:窓 |
| 90:光源 | 98:CCDカメラ |
| 91:第1レンズ | |

本発明に係る基板処理装置の構成例

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 構成が簡単で研磨等の処理中の基板の膜厚をリアルタイムで、且つ高精度で測定できる基板膜厚測定方法、基板膜厚測定装置及び該基板膜厚測定装置を装備した基板処理装置を提供すること。

【解決手段】 基板 1 の被測定面 2 a に柱状の水流 4 を当接させる水噴出用ノズル 5 と、照射用ファイバ 7 及び水流 4 を通して基板 1 の被測定面 2 a に光を照射させると共に、該水流 4 及び受光用ファイバ 8 を通して基板 1 の被測定面 2 a で反射された反射光を受光する光学系と、該光学系で受光した反射光強度から該被測定面の膜厚を測定する測定演算部 9 を具備する。

【選択図】 図 1

特2000-315212

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-315212
受付番号	50001334349
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年10月19日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年10月16日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号
氏 名 株式会社荏原製作所